PERIODICAL
1961
196

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

ANNUAL REPORT

FOR THE YEAR

1961

LIBRARY
DEC 28 1962
FISH & WILDLIFE SERVICE

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

INFORME ANUAL

CORRESPONDIENTE AL AÑO

1961

La Jolla, California
1962

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

MEMBERS

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

MIEMBROS

Costa Rica

José L. Cardona-Cooper
Victor Nigro
Virgilio Aguiluz
Fernando Flores

Panamá

Juan L. Obarrio
Harmodio Arias, Jr.
Carlos A. Lopez-Guevara
Roberto Novey

Ecuador

Cesar Raza
Enrique Ponce y Carbo
Pedro José Arteta
Eduardo Borneo

United States — Estados Unidos de América

Eugene D. Bennett
Robert L. Jones
John G. Driscoll, Jr.
J. Laurence McHugh

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

ANNUAL REPORT

FOR THE YEAR

1961

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

INFORME ANUAL

CORRESPONDIENTE AL AÑO

1961

La Jolla, California
1962

CONTENTS — INDICE

Annual Report of the Commission (Versión en inglés) 3-21

Informe Anual de la Comisión (Spanish version) 22-43

Appendix (Versión en Inglés)

A. Report of the Director on the investigations during the year 1961 44-103

Apéndice (Spanish version)

A. Informe del Director sobre las investigaciones efectuadas durante el año 1961 104-171

REPORT OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION FOR THE YEAR 1961

The Inter-American Tropical Tuna Commission operates under the authority and direction of a Convention, originally negotiated between the Republic of Costa Rica and the United States of America, which entered into force in 1950. The Convention is open to adherence by other governments whose nationals participate in the fisheries covered by the Convention. The Republic of Panama adhered to the Convention in 1953. The Republic of Ecuador adhered during 1961. The Republic of Colombia has indicated her desire to adhere, and is expected to do so early in 1962.

Pursuant to the provisions of the Convention, the Commission has the duty of collecting and interpreting factual information to facilitate maintaining the populations of tunas and tuna baitfishes, supporting the fisheries pursued by the nationals of its Member Governments, at levels of abundance which will permit maximum sustainable average harvests year after year. This necessitates a wide variety of scientific investigations into the life history, biology, ecology and population dynamics of the several species, and into the effects of natural factors and man's activities on their abundance and on the harvests they can support. The research program, which is now in its eleventh year, is conducted by a permanent, internationally recruited scientific staff, employed directly by the Commission, selected on the basis of professional competence by the Director of Investigations.

Results of research are published by the Commission in both its own Annual Reports and Bulletins, and other scientific journals. On the basis of the research results, the Commission, as directed by the Convention, makes recommendations, as necessary from time to time, for joint action by the High Contracting Parties to maintain the fish populations at levels which permit continuing maximum sustainable yields.

The research has indicated that, prior to 1960, none of the tuna or baitfish populations of concern to the Commission were yet subjected to fishing intensity above the level corresponding to maximum average yield. With the rapid conversion of vessels to purse-seining, in place of bait fishing, during 1959-1961, with the addition of new vessels to the fishing fleets of the Americas, and with increased fishing by other fleets, the fishing effort on yellowfin tuna substantially increased. During 1960, the fishing effort reached approximately the level corrresponding to maximum sustainable yield of yellowfin tuna from the aggregate population of that species in the Eastern Pacific, and may have been somewhat past that critical level for the more northerly component. Fishing effort, during 1961, reached a value at which the aggregate of the stocks was being reduced to a level below that at which maximum yields could be sustained, according to the staff's research results. In consequence, on 14 September 1961 the Commission recommended to the High Contracting Parties the need for conservation action, and further recommended that the most

appropriate action would be the establishment of an annual catch limit, or quota, for yellowfin tuna from the Eastern Tropical Pacific, the recommended limit for calendar year 1962 being 83,000 tons.

Anticipated action by the Member Governments, and others, in response to the foregoing recommendations will present the Commission with the necessity of monitoring carefully the effects of the conservation regulations on the yellowfin tuna stocks, to verify whether the results are as predicted, and also of further refining the estimates respecting independent or semi-independent component populations. It will also necessitate augmenting and accelerating research on skipjack. With the conversion of vessels from bait fishing to purse-seining, the fishing intensity on skipjack was reduced during 1959, 1960, and at least the early part of 1961. With decreased abundance of yellowfin tuna, the seiners are again putting greater attention to skipjack fishing, and the conservation regulation of yellowfin will, of course, force even more diversion of fishing effort to skipjack. This should be beneficial, because, as has been repeatedly noted in the past, the skipjack stocks can support a much greater harvest than has ever yet been attained. Indeed, the staff has been able to detect no effects of fishing on the abundance of skipjack, and cannot yet make any estimate of the maximum sustainable yield of that species. We may be sure, however, that such a maximum exists. With the prospective increase in fishing for skipjack, it will be necessary to insure that the requisite scientific investigations respecting the biology, ecology, and population dynamics of skipjack are pursued, so that the information required by the Commission is at hand in good time. The studies which have been made on this species clearly indicate that the populations supporting the fishery in the Eastern Pacific extend well beyond the geographical range of the present fishery, and that the population structure, and migration patterns are probably of greater complexity than those of yellowfin. The required research on skipjack, therefore, promises to be difficult, expensive, and time-consuming.

Program of investigations

The planned research program during fiscal year 1961-1962, as prepared by the Director of Investigations, and as approved by the Commission, included the following:

1. **Collection, compilation, and analysis of catch statistics, logbook data, and related information**
   a. Continuing routine collection and compilation of current data on catch and fishing effort.
   b. Calculation of statistical indices of tuna abundance. Special attention to be given to the problem of making comparable the statistical series derived from baitboat data and those derived from purse-seine data which has become urgent with the rapid shift of the fleets to the latter type of gear.
   c. Continuing research to measure the effects of fishing on the stocks, and the effects of changes in abundance and distribution of the fish stocks on the operating patterns of the fishing fleets.
   d. Further development of theoretical population-dynamics models to describe effects of fishing on stock and yield.

2. Investigations of life history, biology, population structure, and vital statistics of yellowfin and skipjack tunas

a. Studies of population structure and migrations.
   (1) Tagging—Continued tagging operations from commercial vessels on regular fishing trips and from charter vessels, with emphasis being shifted to the latter. Continued analysis of data to measure migration, diffusion, mortality, and growth.
   (2) Correlation of size-frequency data with tagging results to infer population structure.
   (3) Conducting of a full-scale program of tuna blood-typing to elucidate population structure.

b. Continuation of routine size-composition sampling programs in California, Peru, and Ecuador, with routine processing of resulting data using digital computer programs.

c. Continuation of research on vital statistics (age, growth, mortality, and year-class strength) from size-composition data in conjunction with data on catch-per-unit-of-effort.

d. Continued development and application of mathematical models based on vital statistics to compare with the results of models based on catch data alone, to aid in understanding the dynamics of the tuna populations, and as a basis of monitoring the effects of fishing on the stocks and the effects of any regulations which may be imposed on the fishery.

e. Studies of spawning and early life history.
   (1) Studies of tuna fecundity and its possible variation in different subpopulations.
   (2) Continuation of studies of spawning and early development from collections of larvae and juveniles—mostly analysis of material already at hand, no new cruises being planned for this purpose, although material will continue to be collected for us incidentally by cooperating agencies.

f. Behavior of tunas—Analysis of data on temporal variations in tuna abundance and distribution in relation to variations of environmental factors, with particular reference to effects on availability to the fishery.

3. Oceanography and tuna ecology

a. Continued study of accumulated oceanographic and meteorological data to elucidate seasonal and annual variations in physical, chemical and biological factors, and to understand both large and small-scale oceanic processes.

b. Analysis of data from the Central American "Dome" cruise of 1959 and the extensive cruise off South America (STEP 1) of 1960.

c. Participation of one or two scientists in a Scripps cruise to the vicinity of Galapagos Islands in the fall of 1961.

d. Initiation of a study of the physical, chemical, and biological oceanography of the Gulf of Guayaquil, to be closely integrated with the work of the Fisheries Institute of Ecuador (under the auspices of the U.N. Special Fund).

e. Study of indicator organisms (chaetognaths), with special reference to material from STEP-1.

f. Further support of Dr. Bjerknes of U.C.L.A. to study meteorological and oceanographic relationships in the Eastern Pacific, with special reference to the "El Niño" phenomenon.

g. Continued cooperation and assistance to other agencies studying fishery oceanography in the Eastern Tropical Pacific.

4. Research on baitfishes

a. Studies in the Gulf of Nicoya—continuation of present routine program of biological and hydrographic observations.

b. Studies in the Gulf of Panama.
   (1) Completion of reports on past investigations.
   (2) Field work to be confined to study of migrations and relative fishing intensity by internal tags recovered in reduction plants.

c. Studies in the Gulf of Guayaquil (in cooperation with the Fisheries Institute of Ecuador).
   (1) Studies of physical, chemical and biological oceanography.
   (2) Studies of biology of anchovetas and other baitfishes.

d. Routine compilation and analysis of statistical data on baitfish catches.

e. Completion of study on the fecundity of anchovetas, and study of thread herring in Panama.

This program was planned as a continuation of the program carried out during the previous year with, however, some changes of emphasis, particularly: (1) considerable decrease in research on bait species at headquarters and at Panama, and the initiation of new studies in the Gulf of Guayaquil; (2) increased effort to study tuna population structure by blood-typing; (3) some decrease in work at sea on high-seas oceanography and tuna ecology, but the initiation of oceanographic studies in the Gulf of Guayaquil and the adjacent offshore area. It would have represented about the same level of research effort as the previous year. This, however, was predicated on an anticipated research budget of $400,000, an increase of about $26,000 over the previous year. Due to salary increases and increased costs of equipment and materials, this budget increase was essential if the program was to be continued at the same level as before.

Unfortunately, the funds appropriated to the Commission for its research support have been in the same amount as the previous fiscal year, which has necessitated curtailment of the program below that planned. In order to keep expenditures within available funds, the following changes from the plan have been made:

(1) Studies of migrations and population structure by tagging and by blood-typing are being carried out less extensively than planned.

(2) Sampling of tunas for size composition, tagging, and other work at Manta, Ecuador has been discontinued.

(3) Analysis of accumulated oceanographic data has been somewhat curtailed.

(4) Studies in the Gulf of Nicoya have been cut back to what can be done ashore, boat work having been discontinued.

(5) Research in the Gulf of Guayaquil is being developed at a somewhat lower rate than planned.

The staff of the Commission, during 1961, has been able to carry forward, with the limitations above noted, the research program in reasonably satisfactory fashion. There are, however, due to lack of adequate funds, developing deficiencies which will become increasingly serious, especially with respect to research on the population structure and limits of distribution of the tuna populations, and on the ecology of the tunas in relation to physical, chemical and biological oceanographic factors. Furthermore, with the attainment of full utilization of the yellowfin tuna resource, and consequent increased fishing effort on skipjack, research on the latter species which has, in the past, been given lower priority, needs to be increased. Since this species is evidently more widely distributed than yellowfin, its adequate study will require more expensive work at sea, beyond the range of the present fishery. Recognizing these requirements, the Commission has recommended to the Member Governments (see page 17) a substantial increase in research funds during the next year. Unless these are forthcoming, the Commission will almost certainly, in

the near future, become unable adequately to fulfill its mission under the Convention.

The fact that the research staff has been able, with limited financial support, to provide, in reasonably satisfactory fashion, the scientific information required by the Commission has been due in large part to the cooperation of other governmental, university, and international agencies conducting oceanographic and fisheries research in the Eastern Pacific Ocean. Much of our sea-going research is conducted jointly with scientists of the Scripps Institution of Oceanography of the University of California, where our headquarters are located, and which provides our staff office and laboratory space, library facilities, and the use of much equipment, as well as the advice and counsel of its faculty. The staff also maintains cooperative arrangements with governmental fisheries research agencies of the Member Governments, and with those of some non-member governments as well. Cooperative research, and exchange of data, have been arranged with the fisheries research and development institutes, in Peru and Ecuador, being established by the Special Fund. Especially close relations have been established with the institute (National Fisheries Institute) in Ecuador, where our research program on the Gulf of Guayaquil and adjacent waters is closely integrated with the Institute's program, and where laboratory space, and other facilities and aid, are furnished to our staff both by the Fisheries Institute and other branches of the Government of Ecuador.

Progress on investigations

Fair progress was made during the year on the research program outlined above, although, as previously noted, it was necessary, due to lack of anticipated funds, to curtail some of the studies to an undesirable degree. Major emphasis continued to be given to the population structure, dynamics, and ecology of yellowfin tuna, because of the evident need for conservation measures for this species. Research on skipjack was continued at lower priority. Research on bait species has been much curtailed, and studies of physical, chemical, and biological oceanography were confined to analysis of accumulated data, except for participation in one cruise of the Scripps Institution near Galapagos and the initiation of a new program of study of the Gulf of Guayaquil and adjacent waters.

The staff continued to collect complete records of tuna landings from the entire Eastern Pacific, and detailed logbook records of the operations and results of a very large share of the fishing vessels. Processing and analysis of these data was kept current, to measure the apparent abundance of the tuna stocks, their geographical distribution, and the effects of the fishery on them. The shift from bait-fishing to purse seining as the dominant method continued during 1961. Fortunately, the staff has been able to develop satisfactory statistical methods for calculating an index of apparent abundance of yellowfin tuna, based on seiner data, which is comparable with the index based on baitboat data previously employed, mak-

ing possible the continuation of the long-term statistical series of measures of effort and catch-per-effort for this species, which forms the primary basis of estimating the condition of the yellowfin population. It has not proven possible to do this for skipjack, but, since that species remains underutilized, this is not so critical.

During 1961, the fishing effort on yellowfin tuna reached an all-time high, and resulted in a harvest of nearly 235 million pounds (*not* including fish captured but lost before landing). This level of effort and harvest has further reduced the stocks of yellowfin, and has brought them below the level at which maximum average sustainable yield can be maintained. There was also a marked shift in areal distribution of yellowfin catches from 1960 to 1961; the catch from the region north of 15°N showing a very marked decrease, and the catch from off Central America showing a corresponding increase, although the catch-per-effort by seiners decreased markedly in *both* regions. This shift of origin of catch may be due in part to the oceanic temperature regime, but the major causative factor appears to be the decreased abundance of the northern component stock, due to very intensive fishing in 1960, and a consequent southerly shift of fishing effort.

During 1961, there was a considerable increase in skipjack landings, due to several factors: (1) The average apparent abundance appears to have somewhat increased. (2) With decreasing abundance of yellowfin, seiners turned more attention to skipjack, during the latter part of the year especially. (3) Increased fishing effort by local vessels off northern South America. The skipjack population remained underfished. It is expected, however, that, with the decline of the yellowfin resource, skipjack will be brought under more intensive exploitation during 1962 and subsequently.

The U.S. fleet of baitboats continued to decline, and with this the catch of baitfish dropped further. There has, however, been some increase in baitfishing in Latin American countries, particularly Ecuador. In the Gulf of Panama, the anchoveta stock is used both for tuna bait and for reduction to meal and oil, but there is no evidence that these fisheries have appreciably affected the stock.

Investigations were continued of the seasonal and annual variations of the degree to which both baitboats and seiners are able successfully to concentrate their efforts in areas of greatest tuna abundance. The concentration index for seiners, with respect to yellowfin, in years prior to 1958, was much more variable than that of baitboats, probably due to the limited range of operations of the seiner fleet both in space and time in those years. Since 1958, the seiner index has been much more stable, and is close to the baitboat index.

During the year additional analyses have been made of data from the logbook records of individual purse-seine sets, to provide further insight into the nature of the operations of the seiners, and to aid in elucidating

the schooling habits of the tunas. The percentage of successful sets during 1954 averaged 53.9 per cent, and was quite similar in different major fishing regions. The average catch-per-successful set, however, varies with vessel size, and also shows large variations between fishing regions, probably reflecting real differences in schooling behavior. The assistance of airplanes reduces the share of unsuccessful sets, and increases the average catch-per-set. The latter is apparently due to the airplane spotters avoiding the smaller schools.

Research on population structure, migrations, and vital statistics of the tunas is being pursued by several means, including tagging, genetic studies through blood-typing, and studies of the size composition of the commercial catch.

In addition to the size-composition samples collected by our staff during 1961, we have obtained, through the courtesy of the California State Fisheries Laboratory, a valuable series of size-frequency data for the years 1951-1954, prior to the initiation of our sampling program. The data on yellowfin for these early years have been processed and analysis commenced. There is excellent correspondence between the California State data and our own data of later years, in that modes of year classes identified from the 1951-1954 data correspond with modes of identical year classes, at older ages, previously identified from our data. Study of the combined data will make possible comparison of growth rates, mortality rates, and year-class strengths of a long series of age-groups, and thus should provide additional insight into the variation of these vital statistics, and the effects of changing fishing effort on them.

Study of skipjack size-composition data continued during the year to the extent permitted by the higher priority of studies of yellowfin. As reported last year, the skipjack size-frequency curves from most areas exhibit modal progressions which undoubtedly reflect growth of groups of fish. We at first believed, as reported last year, that for this species, like the yellowfin, there are two series of age groups recruited to the commercial stock each year, with some regularity. This, however, may not be the case. It may be that these groups only represent variable and irregular passage of batches of fish through the fishing regions, and that it may not be possible to identify and follow year classes. In this case, the data may be employed to derive average growth curves, but not to study individual year classes. This requires much further investigation.

Additional tagging was done during 1961 from commercial fishing vessels and from a chartered commercial vessel. Tag recovery rates, especially for yellowfin tuna, of these fish have increased notably over recovery rates for some earlier years.

The charter cruise to the vicinity of the Gulf of Panama was designed primarily to provide a comparison of migration patterns during an oceanographically cold year with the warm year, 1959, when a previous experiment was done there. Only the yellowfin recoveries have been looked at in

detail. These indicate a similar migration pattern to that from the earlier experiment, the fish having dispersed rapidly from the point of tagging, reaching as far north as the southern Mexican coast and as far south as northern Peru in a few months*. Recovery rates were very much higher than in the earlier experiment, perhaps reflecting both increased fishing effort and decreased initial tagging mortality.

New methods of analysis of tag recoveries and associated fishing effort have been applied in an exploratory study of six groups of yellowfin tag releases off Baja California in the years 1957-1960. This method is designed to provide estimates of the instantaneous rate of fishing mortality per unit of fishing effort, and of total attrition rate. The former is handicapped by difficulty in properly estimating initial tagging mortality. The latter, which is more nearly free of this source of error, indicates a progressive increase in attrition rate which, if it may be assumed that other factors are constant, indicates an increased rate of fishing mortality in the more recent years. This, of course, is some further confirmation of the increased rate of exploitation of the yellowfin indicated by the analysis of catch-statistical data.

As reported previously, analysis of tag recoveries led us to believe that there is a high initial mortality of tagged tunas, probably due to a rapid build-up of lactic acid and an oxygen deficit resulting from hyperactivity during capture, this being greater in warmer waters. To investigate this directly, physiological experiments were conducted in the course of our charter cruise off Central America. These experiments clearly revealed that there is induced a rapid build-up of lactic acid in the blood of tunas during capture, the response being more rapid and severe than in other fishes, such as trout and salmon, previously studied. We plan additional studies in a colder-water area (off Baja California) for comparative purposes during early 1962. It is hoped that these studies, together with additional analysis of tag recovery data, will lead to a useful means of estimating initial tagging mortality.

Further progress has been made on the typing of tuna bloods by bean extracts. Additional reagents for typing yellowfin have been discovered. Comparison of blood types of yellowfin between Hawaii and the American coast has revealed significant differences between the populations of these regions, but we have not yet demonstrated any differences among different regions along the American coast. No differences have been encountered among skipjack from Hawaii and from different localities along the American coast, with reagents so far employed.

A comprehensive report on spawning areas and seasons of tunas in the Eastern Pacific, as revealed by collections of larvae and juveniles, was completed during this year. This confirmed and extended the results of previous research based on studies of ovaries of adults, with respect to spawning areas and seasons of yellowfin tuna. It also indicated, as did the

* Since this was written one recovery has also been made off northern Chile.

earlier ovary studies, that the principal spawning grounds of skipjack lie offshore, mostly well beyond the region of the commercial fishery along the American coast, and perhaps even mostly beyond the sea areas covered by our research cruises.

Studies of tuna food and feeding habits based on stomach contents were completed and, after publication, this investigation will be terminated.

Additional specimens were collected for studies of size-fecundity relationships of yellowfin and skipjack tuna. By a fortunate chance, a sample was obtained of a yellowfin school, apparently in the course of spawning, examination of which indicates that spawning is probably intermittent, the group of ripe eggs being extruded in batches over a period of time.

Research on physical, chemical, and biological oceanography consisted of participation in one research cruise of the Scripps Institution of Oceanography to the vicinity of the Galapagos, initiation of a study in the Gulf of Guayaquil and adjacent waters, and analysis of accumulated data.

Three staff members participated in the "Swansong" Expedition of the Scripps Institution during September-December, to study the region of the Cromwell equatorial undercurrent, with special emphasis on the region near Galapagos. Observations of biological productivity and phytoplankton standing crop on this cruise provided data to fill an important gap in our knowledge, and fitted in very well with the results of the STEP-1 Expedition of 1960. Preliminary study of the data indicates that there is high productivity associated with upwelling over the Cromwell current, the waters of which upon reaching Galapagos swing mostly to the northward of those islands.

A two-and-a-half year study of the oceanography and ecology of the Gulf of Guayaquil and adjacent oceanic waters was commenced in July 1961, in cooperation with the Fisheries Institute of Ecuador and the Ecuadorian Navy. This study is based on a time-series of observations of physical, chemical, and biological properties at each of a pattern of fixed stations in the Gulf and offshore from it. This region is of considerable importance both for the production of tunas and of baitfishes, and is also of great general interest since it is the only large tropical estuarine region on the west coast of the Americas.

Wind and current data over the entire Eastern Tropical Pacific were employed in a study of the average seasonal cycle of the wind and current fields. This has revealed important features of the permanent and the seasonally variable circulation patterns, understanding of which is useful in elucidating the geographical and seasonal variations in factors which may be expected to influence the abundance and availability of the tunas.

Completion of the "Eastropic" Atlas of surface and subsurface features of the Eastern Tropical Pacific was delayed by the discovery of errors in the basic data, some of which required extensive reexamination and recalculation to correct. It is now expected that the Atlas will be completed during 1962.

Analysis of direct current measurements, geostrophic calculations, and study of salinity and oxygen distributions, based on data obtained on STEP-1, together with some information from other expeditions, provided the basis of a study of the southerly flowing undercurrent along the coast of Peru. The eastern boundary counter-current had been previously suspected, but had never before been directly studied. It is associated with the upwelling along the coast of South America, and appears to be of considerable biological significance.

Studies were continued of the Chaetognatha (arrow worms) as biological indicators in the region off South America, employing material collected on STEP-1 and by the Peruvian research vessel *Bondy*. It is hoped that, when completed, this research will lead to a better understanding of the region of the warm water which sweeps into the coast during periods of "El Niño".

Dr. J. Bjerknes, Professor of Meteorology at U.C.L.A., with financial support from this Commission, has nearly completed a study of the 1957-58 "El Niño" in relation to the oceanwide sea temperature anomalies during these years, which includes analysis of meteorological and sea-surface temperature data from both the North and South Pacific, and also includes the study of historical series of data from selected locations over the period 1925 to 1959. The results of this study provide a much improved insight into the effects of meteorological variations on the sea-temperature regime, not only off South America, but elsewhere in the Eastern Pacific as well. This will enable us better to understand past fishery-independent variations in apparent abundance of tunas, and better to forecast them in the future.

Research on baitfishes was further curtailed during 1961. Studies of anchoveta fecundity and of speciation of thread herring were completed at our headquarters laboratory, and suspended. Studies of some aspects of the biology of *Anchoa naso,* based on samples from Manta, Ecuador were continued, but are expected to be completed during 1962.

Hydrographic studies in the Gulf of Nicoya were discontinued in October. Continuing work there consists of sampling catches of local fishing craft to monitor the anchoveta population, obtaining temperature and salinity data at the Puntarenas pier, and study of accumulated collections of thread herring.

A large-scale tagging of anchovetas was conducted in the Gulf of Panama during the spring of 1961, after which vessel work was discontinued. The continuing recoveries of the tagged fish by the reduction fishery during the year, and during 1962, will provide the basis of describing the migration and mixing of anchoveta stocks within the Gulf. Investigation of feeding habits of anchovetas, based on accumulated material, continued and will be completed during the next year. Additional studies of age and growth, and age composition of the anchoveta population of the Gulf, are being conducted based on samples from the commercial reduction fishery.

Routine sampling of clupeid and engraulid fishes was commenced in the Gulf of Guayaquil during July 1961, in connection with our ecological study there, and in cooperation with the Fisheries Institute of Ecuador being established with technical assistance of the Food and Agriculture Organization of the United Nations, with financial support from the United Nations Special Fund. These samples will provide the basis of a general taxonomic study of the local clupeid and engraulid populations, and studies of the ecology and biology of the anchoveta and thread herring. Material is also being collected and studied from other localities along the coast of Ecuador as opportunity affords.

A detailed report on the researches conducted during 1961, by the Director of Investigations, is appended hereto as Appendix A.

Publication of research results

Publication of scientific papers and monographs of high professional quality, reporting to the scientific community, as well as to the Member Governments and the public at large, the basic data, methods of analysis, and conclusions reached by the researches of the Commission's staff is one of the most important activities of this Commission. By this means the methods and results of research are widely disseminated, and subjected to critical and searching review, thus insuring the soundness of the continuing research program. At the same time, there is stimulated interest of other scientists in such research both in the Eastern Pacific and other parts of the Ocean.

The Commission publishes on the research of its staff and of cooperating scientists in its *Bulletin* series. During 1961 eight additional publications were issued in this series, all in English and Spanish:

Bulletin, Volume 5, Number 1—"Size and year class composition of catch, age and growth of yellowfin tuna in the Eastern Tropical Pacific Ocean for the years 1954-1958" by Richard C. Hennemuth.

Bulletin, Volume 5, Number 2—"Studies of the age, growth, sexual maturity and spawning of populations of anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)* of the coast of the Eastern Tropical Pacific Ocean" by Izadore Barrett and Gerald V. Howard.

Bulletin, Volume 5, Number 3—" 'El Niño' study based on analysis of ocean surface temperatures 1935-57" by Jacob Bjerknes.

Bulletin, Volume 5, Number 4—"Some features of the autecology and distribution of Chaetognatha in the Eastern Tropical Pacific" by Paul N. Sund.

Bulletin, Volume 5, Number 5—"Tagging and recovery of tropical tunas, 1955-1959" by Milner B. Schaefer, Bruce M. Chatwin and Gordon C. Broadhead.

Bulletin, Volume 5, Number 6—"Spawning of yellowfin tuna and skipjack in the Eastern Tropical Pacific, as inferred from studies of gonad development" by Craig J. Orange.

Bulletin, Volume 6, Number 1—"Year class abundance, mortality and yield-per-recruit of yellowfin tuna in the Eastern Pacific Ocean, 1954-1959" by Richard C. Hennemuth.

Bulletin, Volume 6, Number 2—"Fecundity of the anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)* in the Gulf of Panama" by Clifford L. Peterson.

In addition to these *Bulletins,* fourteen papers by staff members have been published in other journals.

45. Cromwell, Townsend
    1960 Pycnoclines created by mixing in an aquarium tank.
    Jour. Mar. Res., Vol. 18, No. 2, pp. 73-82.

46. Fink, Bernard D. and Glen B. Haydon
    1960 Sperm morphology of two cottid fishes in electron micrographic silhouettes.
    Copeia, 1960, No. 4, pp. 319-322.

47. Sund, Paul N.
    1961 Two new species of Chaetognatha from the waters off Peru.
    Pacific Science, Vol. 15, No. 1, pp. 105-111.

48. Pollak, Martin J.
    1961 Units for specific volume of sea water.
    Jour. Mar. Res., Vol. 19, No. 1, pp. 28-29.

49. Klawe, Witold L.
    1961 Young scombroids from the waters between Cape Hatteras and Bahama Islands.
    Bull. Mar. Sci. Gulf and Caribbean, Vol. 11, No. 1, pp. 150-157.

50. Paquette, R. G., E. L. Scott and P. N. Sund
    1961 An enlarged Clarke-Bumpus plankton sampler.
    Limnology and Oceanography, Vol. 6, No. 2, pp. 230-233.

51. Broadhead, Gordon C. and Arthur R. Marshall
    1961 New methods of purse seining for tuna in the Eastern Pacific Ocean.
    Proc. Gulf & Carib. Fish. Inst., 13th Ann. Session, pp. 67-73.

52. Klima, Edward F. and William H. Bayliff
    1961 Tagging of anchovetas *(Cetengraulis mysticetus)* in the Gulf of Panama.
    Proc. Gulf & Carib. Fish. Inst., 13th Ann. Session, pp. 151-156.

53. Alverson, Franklin G.
    1961 Daylight surface occurrence of Myctophid fishes off the coast of Central America.
    Pacific Science, Vol. 13, No. 3, p. 483.

54. Schaefer, Milner B.
1961 Tuna oceanography programs in the tropical Central and Eastern Pacific.
Calif. Coop. Oceanic Fish. Inv., Rept., Vol. 8, pp. 41-44.

55. Klawe, Witold L.
1961 Notes on larvae, juveniles, and spawning of bonito *(Sarda)* from the Eastern Pacific Ocean.
Pacific Science, Vol. 15, No. 4, pp. 487-493.

56. Klawe, Witold L.
1961 Informe sobre los datos obtenidos en el "Tuna Spawning Survey Cruise" del 1 al 20 de junio de 1957.
Ciencia (Méx.), Vol. 21, No. 2, pp. 65-74.

57. Schaefer, Milner B.
1961 Some fundamental aspects of marine ecology in relation to radioactive wastes.
Health Physics, Vol. 6, pp. 97-102.

58. Wooster, Warren S. and M. Gilmartin
1961 The Peru-Chile Undercurrent.
Jour. Mar. Res., Vol. 19, No. 3, pp. 97-122.

Adherence of Ecuador

The Republic of Ecuador adhered to the Convention effective 7 April 1961, becoming the fourth member nation of this Commission. She was represented at the Commission meeting of 14 September 1961 by Sr. Cesar Raza, Sub-Director of Fisheries, in the Ministry of Development. Commissioners for Ecuador had not yet been appointed by the end of the year.

Changes of Commissioners

The Republic of Panama, on 25 February 1961, appointed Dr. Harmodio Arias, Jr. and Sr. Roberto Novey to succeed Sr. Gabriel Galindo and Sr. Richard Eisenmann as members of the Panamanian Section of the Commission.

Mr. Lee F. Payne of the United States Section passed away on 10 April 1961. No successor had been appointed by the end of the year.

Intergovernmental Oceanographic Commission

The First Session of the Intergovernmental Oceanographic Commission which consists of representatives of 39 nations, including the U.S.A. and Ecuador and which is organized under the sponsorship of the United Nations Educational Scientific and Cultural Organization, met at Paris, France 19 to 27 October 1961. The IOC will probably be of large importance in coordinating international efforts in research and survey of the oceans, and is expected to be effective in developing regional programs in Latin America, and elsewhere. Its efforts in promoting oceanographic training in underdeveloped countries, data exchange systems, regional and oceanwide systems of oceanic observing networks, standardization and

intercalibration of methods and equipment, and cooperative international research and survey programs, are expected to be of considerable importance to our Commission.

This Commission, at the invitation of IOC, sent Dr. Schaefer to their meeting as an Observer. He participated in the meeting as a member of two of its working groups, the working group on the relationship between IOC and other organizations, and the working group on coordination of national programs and technical questions.

Public services

During the year Dr. Schaefer continued to serve on two committees of the National Academy of Sciences—National Research Council of the United States.

The Committee on Oceanography met several times during the year to provide advice to the Administration and the Congress on the current and projected national oceanographic program. This Committee also acts as the National Committee for the Special Committee on Oceanographic Research of the International Council of Scientific Unions, which is concerned with the planning and organization of the Indian Ocean Expedition, and with providing advice and guidance to the Intergovernmental Oceanographic Commission. Dr. Schaefer also serves as a representative of the National Academy of Sciences on the Advisory Board of the National Oceanographic Data Center, which met several times during the year to provide policy guidance to that agency.

The NAS-NRC Committee on Effects of Atomic Radiation in Oceanography and Fisheries met twice during the year, to review and approve the final draft of a report of a panel on disposal of low-level atomic wastes off the West Coast of the United States, and to consider other problems connected with the peaceful uses of atomic energy involving the sea.

Dr. Schaefer served as a member of a special *ad-hoc* "Latin-American Working Group on Earth Sciences" (including oceanography and fisheries) appointed by the United States' President's Science Advisory Committee to prepare a report containing recommendations respecting programs in the Earth Sciences which should serve as guidance to future activities of U.S. foreign assistance programs in Latin America.

At the request of the Special Fund of the United Nations, Dr. Schaefer served as a consultant to that organization on projects in fisheries and oceanography. In March and April he received six weeks leave-of-absence from the Commission to serve on behalf of the Special Fund as an advisor to the Government of Chile to assist that Government in preparing a proposal for a fisheries research, survey and development project.

The Food and Agriculture Organization of the United Nations, at the invitation of the United States, is planning to hold a World Scientific Meeting on the Biology of Tunas and Related Species at La Jolla, California, 2-14 July, 1962. Dr. Schaefer is serving as a member of a prepara-

tory group for this meeting. He and other staff members are engaged in preparing some of the background documentation.

The Commission's headquarters staff, under our cooperative agreement with the Scripps Institution of Oceanography of the University of California, where our headquarters laboratory is located, works in close cooperation with the staff of the Institution. Dr. Schaefer served on several committees of the Institution and, during the fall semester of 1961, assisted with teaching an advanced course in population dynamics.

The Eastern Pacific Oceanic Conference, an informal organization of oceanographers engaged in research in the Eastern Pacific Ocean, undertook during 1960-1961 to prepare a comprehensive proposal for a cooperative program of oceanic research and surveys, to provide the knowledge required of this part of the sea for a variety of purposes, and, if implemented, involving the coordinated efforts of several ships and many scientists from numerous laboratories, both university and governmental, from the United States and from other nations interested in this region. Dr. Schaefer and Mr. E. B. Bennett of the Commission's staff served on a Committee to develop the plan, which was completed and approved at an EPOC meeting in September 1961, and which has been transmitted to probable sponsoring agencies, both national and international, for consideration and, hopefully, for implementation.

Commission meetings

Annual meeting

The Commission held its regular annual meeting in Panama City, R. P. on 23-24 February 1961. The following actions were taken by the Commission:

1) Approved for publication the Annual Report for 1960.

2) Reviewed research in progress, and discussed and approved the research program for fiscal year 1961-1962. (As noted elsewhere, it was subsequently necessary for the approved program to be somewhat curtailed, due to the failure of the Member Governments to appropriate research funds in the amounts recommended by the Commission, on which the research plans had been predicated).

3) Considered the requirements for the research program during fiscal year 1962-1963, especially the need to increase some of its sea-going phases; recommended a research program requiring a budget of $535,680.

4) Determined, on the basis of the most recent statistics of utilization of tropical tunas in each member country, that the joint expenses of the Commission during fiscal year 1962-1963 should be in the following proportions: United States of America, 99.76; Republic of Costa Rica, 0.24; Republic of Panama, minimum contribution of $500. (Following the adherence of Ecuador in April 1961, the proportions were recomputed, as follows: United States of America, 100.0; Republic of Ecuador, 2.16; Republic of Costa Rica, 0.24; Republic of Panama, minimum contribution of $500).

5) Elected Sr. Juan L. de Obarrio, of the Republic of Panama, Chairman, and Sr. José L. Cardona-Cooper, of the Republic of Costa Rica, Secretary for the next year.

6) Agreed to fix a tentative date of 24 May 1962 for the convening of the next annual meeting.

7) Decided that the next annual meeting would be held in San Diego, California, unless another nation or nations should adhere to the Convention during the calendar year 1961, in which event the meeting would be held at a suitable location in the first nation to adhere, should that nation desire to have the meeting held there.

8) Considered scientific evidence related to the possible need to make recommendations for joint action by the Member Governments to conserve the stocks of yellowfin tuna in the Eastern Tropical Pacific; resolved that the Commission recognizes the possibility that it will need, in the relatively near future, to make recommendations for joint action by the Member Governments to maintain the stocks of yellowfin tuna in condition to sustain maximum average yield; recognized that the Commission may need to call a special meeting, to consider types of regulations, at a later date in the current year.

Special meeting

At the call of the Chairman, a Special Meeting was held at Long Beach, California on 14 September 1961, to consider the need for regulation of the fishery for yellowfin tuna and, if necessary, to make specific recommendations to the Member Governments, and for other purposes. The following actions were taken by the Commission:

1) Adopted the following Resolution in honor of the late Lee F. Payne, Commissioner of the United States of America:

"*Considering* sorrowfully, the death on 10 April 1961, at the age of 60, of the Honorable Lee F. Payne, member of the U.S. Section of the Commission;

"*Noting,* that Mr. Payne had served as a member of this Commission since its foundation in 1950;

"*Noting,* also, his long years of devoted service on the California Fish and Game Commission, on the Los Angeles County Fish and Game Commission, and on the California Marine Research Committee, and his great devotion to the cause of conservation;

"*Remembering* the admiration and respect in which he was held by all of his colleagues, and the magnificent contributions he made to the cause of international cooperation in fisheries affairs;

"*Expresses* the grief of its members on the passing of our beloved colleague, the Honorable Lee F. Payne;

"*Extends* to his widow and many friends who survive him our sincere condolences; and

"*Requests* the Chairman to transmit to Mrs. Payne a copy of this resolution."

2) Considered the most recent studies of catch-statistical data and other scientific evidence on the need for conservation regulation of the fishery for yellowfin tuna; considered the specific measures which might be recommended to the Member Governments; adopted the following Resolution with respect to these matters:

"*Observing,* that the studies of its scientific staff have indicated that during the year 1960 the intensity of fishing for yellowfin tuna in the Eastern Pacific Ocean had reached the level corresponding to maximum average sustainable catch;

"*Observing,* that continuing studies of catch statistics and other data indicate that, during 1961, there has been a further increase in the amount of fishing for yellowfin tuna, that the total catch during this year will exceed the sustainable yield, and that, consequently, the populations of this species will most probably be reduced to a level which cannot provide sustained maximum yield.

"*Concluding,* therefore, that there is a need for joint action by the High Contracting Parties to restore the yellowfin populations to those levels of abundance which will make possible the maximum sustainable yield, and to maintain them in that condition.

"*Noting,* however, that the stocks of skipjack tuna, which are fished in the same fishing region, at the same time, can support increased harvests, which should be encouraged.

"*Noting* that in fishing for skipjack some incidental catch of yellowfin is unavoidable.

"*Having considered* various possible types of regulation of the yellowfin tuna fishery with respect to their biological and economic effects, feasibility and enforcement, and

"*Having considered* that limitation of total catch, by annual quota, is the most effective and practicable type of regulation.

"*Noting* that, although there are, in the Eastern Tropical Pacific, at least two semi-independent component yellowfin tuna populations, the allocation of fishing effort to them due to economic factors is such that, with a single annual catch quota for the entire region, there is a high probability that there will result properly balanced harvests from the population components, and, consequently,

"*Having concluded* that, initially at least, regulation of the yellowfin tuna fishery should be effected by a single annual catch quota for the entire region

"*Having considered* the estimates of the scientific staff that

1) There will be removed by the end of 1961, from the yellowfin tuna stocks, some 23,000 tons, above the maximum sustainable yield, which require to be restored

2) At the level of abundance which will be reached by the end of 1961 the yellowfin stocks will most probably be capable of sustaining a yield of only 87,000 tons (if recruitment is density-dependent) or of 95,000 tons (if recruitment is density-independent), it being not possible at this time to state which condition applies

3) A catch quota of less than the sustainable yield at the level of abundance expected to be reached by the end of 1961 is required to restore the stocks to the condition corresponding to maximum average sustainable yield

"*Recommends* to the High Contracting Parties, that they take joint action, as follows:

1) Establishment of a quota of total catch of yellowfin tuna by fishermen of all nations of 83,000 tons during the calendar year 1962.

2) Reservation of 8,400 tons of this yellowfin tuna quota for allowance for incidental catches when fishing for skipjack after closure of the fishery for yellowfin tuna.

3) Opening of the fishery for yellowfin tuna on 1 January 1962; during the open season vessels to be allowed to clear port for fishing for this species and for skipjack.

4) Closure of the fishery for yellowfin tuna during 1962 at such date as the quantity landed plus the expected landings of vessels which are at sea with clearance for yellowfin tuna fishing reaches 74,600 tons.

5) After the closure of the yellowfin tuna fishery, issuing of clearances to vessels for skipjack fishing *only*. Any vessel operating under such clearance should be allowed to land not more than 15 per cent by weight of yellowfin among its catch on any trip.

6) Such action as may be necessary to induce Governments whose vessels operate in this fishery, but which are not parties to the Convention for the Establishment of an Inter-American Tropical Tuna Commission, to cooperate in effecting these conservation measures.

"*Resolves* that the statistics of catch and effort respecting yellowfin tuna will be reviewed as soon after the end of calendar year 1961 as practicable and, if there is any substantial departure from the forecast values, the foregoing recommendations will, if indicated, be revised and the High Contracting Parties will be advised accordingly by this Commission."

3) Considered, at the request of a representative of the United States Department of State, whether the staff of the Commission might undertake the task of rapid collection of statistics of catch, including both landings and catches of vessels at sea with clearance for yellowfin fishing which had not yet returned to port, which would be required by the Member Governments in order to anticipate the filling of the yellowfin quota and thus to enable the closure of the season to be announced in a timely manner; agreed that the staff should undertake this added task of collection of statistics necessary to assist the

Governments in setting closing dates for yellowfin fishing, *provided that financial support is forthcoming for this purpose;* instructed the Director of Investigations to advise Mr. Herrington of the U.S. State Department and the Commissioners as to the amount of funds required. (On 18 September 1961 the Director of Investigations advised Mr. Herrington and the Commissioners that the funds required for this purpose would be $45,000 per year if collection of statistics of Japanese catches were *not* to be included, or $67,000 per year if they were to be included.)

4) Authorized the Director of Investigations to attend the forthcoming meeting of the Intergovernmental Oceanographic Commission as an observer for the Tuna Commission, and to use his best judgement, as the Commission's representative, regarding proposals at the meeting; accepted the offer of the Southern California Fish Canners Association to reimburse the Commission for his expenses in attending the meeting.

The rapid evolution of the tuna fishery of the Eastern Pacific continued during 1961, and is expected to exhibit further important developments during 1962.

Increased fishing effort applied to yellowfin tuna during the year succeeded in maintaining the total catch of that species near that of the previous year, but at the expense of a further reduction in the stocks, bringing them to a condition where they are no longer capable of supporting maximum sustainable yield. We have, therefore, recommended curtailment of the catch during 1962 to a level designed to rebuild the slightly overfished yellowfin population. Even in the absence of such curtailment, we believe that, despite further increase in the tuna fishing fleets, the total catch of yellowfin will decline, but unrestricted fishing will also result in a further decrease in the abundance of this species. The situation will require careful monitoring by the research staff.

With the decline of the yellowfin stocks, the fishing fleets are turning greater attention to harvesting skipjack, which can support a greater sustainable catch than has ever been attained. The rapid growth of the fishery, however, indicates the desirability of augmenting research toward a better understanding of the biology, ecology, and population dynamics of skipjack, against the day when conservation measures may be required for this species also. We cannot, of course, forecast what the maximum sustainable yield of skipjack may be, but we can be certain it exists, and that, as it is approached, we will require additional scientific information to carry out our responsibilities under the Convention.

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

Juan L. Obarrio, Chairman	J. Laurence McHugh
Harmodio Arias, Jr.	Virgilio Aguiluz
Roberto Novey	Fernando Flores
Eugene D. Bennett	Victor Nigro
Robert L. Jones	José L. Cardona-Cooper, Secretary

INFORME DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL CORRESPONDIENTE AL AÑO 1961

La Comisión Interamericana del Atún Tropical funciona bajo la autoridad y dirección de una Convención originalmente negociada entre la República de Costa Rica y los Estados Unidos de América, que entró en vigencia en 1950. A esta Convención pueden adherirse los gobiernos de otros países cuyos nacionales participen en las pesquerías cubiertas por la Convención. La República de Panamá se adhirió en 1953, y la República del Ecuador durante 1961. La República de Colombia ha indicado su deseo de adherirse también y se espera que lo haga a principios de 1962.

De conformidad con las disposiciones de la Convención, la Comisión tiene la obligación de recolectar e interpretar la información que facilite el mantenimiento de las poblaciones de atún y de los peces que sirven de carnada para pescarlo, que sostienen las pesquerías a que se dedican los habitantes de sus Gobiernos Miembros, a niveles de abundancia que permitan un promedio máximo sostenible de cosechas año tras año. Esto necesita una amplia variedad de investigaciones científicas sobre la historia natural, biología, ecología y dinámica de las poblaciones de las diversas especies, y sobre los efectos de los factores naturales y de las actividades del hombre en su abundancia y en las cosechas que pueden soportar. El programa de investigaciones, que se encuentra actualmente en su año undécimo, está a cargo del personal científico permanente que la Comisión recluta internacionalmente y emplea directamente, previa selección hecha por el Director de Investigaciones sobre la base de la competencia profesional de cada uno.

Los resultados de las investigaciones son publicados por la Comisión tanto en sus Informes Anuales como en sus Boletines, lo mismo que en otras revistas científicas. Teniendo como fundamento los resultados de las investigaciones, la Comisión, de conformidad con lo dispuesto por la Convención, formula recomendaciones de tiempo en tiempo según sea necesario, para una acción conjunta de las Altas Partes Contratantes con el objeto de mantener las poblaciones de peces a niveles que permitan un continuo rendimiento máximo sostenible.

Las investigaciones han indicado que, con anterioridad a 1960, ninguna de las poblaciones de atún o de los peces de carnada de interés para la Comisión había estado sujeta a una intensidad de pesca sobre el nivel correspondiente al promedio de rendimiento máximo. Con la rápida conversión de los barcos al sistema de pesca con redes de cerco, en lugar de la pesca con carnada, durante 1959 a 1961; con la adición de nuevos barcos a las flotas pesqueras de los países de América, y con el aumento de la actividad pesquera de parte de otras flotas, el esfuerzo de pesca sobre el atún aleta amarilla se acrecentó substancialmente. Durante 1960, el esfuerzo de pesca alcanzó aproximadamente el nivel correspondiente al rendimiento máximo sostenible de atún aleta amarilla de toda la población

de esa especie en el Pacífico Oriental, y puede haber sobrepasado un poco ese crítico nivel en la parte más septentrional de la pesquería. El esfuerzo de pesca, durante 1961, alcanzó un valor al cual el conjunto de los stocks fué reduciéndose a un nivel por debajo del que podían sostenerse máximos rendimientos, de acuerdo con los resultados de las investigaciones del personal científico. En consecuencia, el 14 de septiembre de 1961, la Comisión recomendó a las Altas Partes Contratantes la necesidad de tomar una acción tendiente a la conservación de la especie, y luego recomendó como la medida más adecuada el establecimiento de un límite anual de pesca, o cuota, para el atún aleta amarilla del Pacífico Oriental Tropical que sería de 83,000 toneladas para el año calendario 1962.

La acción anticipada de parte de los Gobiernos Miembros, y otros, en respuesta a las recomendaciones anteriores en referencia, pone a la Comisión en la necesidad de vigilar cuidadosamente los efectos de las medidas de reglamentación sobre los stocks de atún aleta amarilla, a fin de verificar si los resultados son como se han predicho, y también de mejorar las estimaciones con respecto a los componentes independientes o semi-independientes de las poblaciones. Esto también requerirá la ampliación y aceleración de las investigaciones sobre el barrilete. Con la conversión de los barcos de carnada al sistema de pesca con redes de cerco, la intensidad de la pesca de barrilete se redujo durante los años 1959, 1960 y por lo menos durante la primera parte de 1961. Con la disminución de la abundancia del atún aleta amarilla, los barcos rederos han puesto nuevamente una mayor atención en la pesca de barrilete, y las medidas de conservación del atún aleta amarilla forzarán más aún, desde luego, la desviación del esfuerzo de pesca hacia el barrilete. Esto tendrá que ser beneficioso porque, como se ha dicho repetidamente, los stocks de barrilete pueden soportar una cosecha mucho mayor de la que ha sido obtenida hasta ahora. Ciertamente, el personal científico ha estado en condiciones de determinar que la pesca no ha afectado la abundancia del barrilete, pero aún no puede hacer estimación alguna sobre el rendimiento máximo sostenible de esta especie. Sin embargo, podemos estar seguros que existe ese máximum. Con la perspectiva del aumento de la pesca de barrilete, será necesario asegurarse que las investigaciones científicas requeridas respecto a la biología, ecología y dinámica de la población de esta especie sean continuadas para tener a mano en tiempo oportuno la información que la Comisión necesite. Los estudios que se han realizado sobre el barrilete indican claramente que las poblaciones que soportan la pesquería en el Pacífico Oriental se extienden fuera del margen geográfico de la pesquería actual, y que la estructura de la población y sus rutas de migración son probablemente de una complejidad mayor que la del atún aleta amarilla. Consecuentemente, la investigación que requiere el barrilete promete ser difícil, costosa y consumirá mucho tiempo.

Programa de investigaciones

El programa de investigaciones planeado para el año fiscal 1961-1962,

tal como fué preparado por el Director de Investigaciones y aprobado por la Comisión, comprendía lo siguiente:

1. **Recolección, compilación y análisis de las estadísticas de pesca, de los datos de los diarios de pesca y de la información afín**
   a. Continuación de la recolección rutinaria y compilación de los datos actuales sobre la captura y el esfuerzo de pesca.
   b. Cálculo de los índices estadísticos de la abundancia de los atunes. Se dará especial atención al problema de comparar las series estadísticas derivadas de los datos de los barcos de carnada y las de los datos de los barcos rederos, lo que es de urgencia debido al rápido cambio de las flotas hacia la clase de equipo últimamente citado.
   c. Continuación de las investigaciones para medir los efectos de la pesquería en los stocks y los efectos de los cambios en la abundancia y distribución de los stocks de pesca en los patrones de operación de las flotas pesqueras.
   d. Ulterior desarrollo de modelos teóricos de la dinámica de las poblaciones para describir los efectos de la pesquería sobre los stocks y el rendimiento.
2. **Investigaciones sobre la historia natural, biología, estructura de las poblaciones y estadísticas vitales de los atunes aleta amarilla y barrilete**
   a. Estudios de la estructura de las poblaciones y de las migraciones.
      (1) Marcación. Continuación de las operaciones de marcación a bordo de barcos pesqueros comerciales durante sus viajes regulares de pesca y también a bordo de barcos fletados especialmente, con mayor énfasis hacia lo último. Análisis continuo de los datos para medir la migración, difusión, mortalidad y el crecimiento.
      (2) Correlación de los datos sobre la frecuencia de tamaños con los resultados de la marcación para inferir la estructura de las poblaciones.
      (3) Conducción de un programa a gran escala sobre la clasificación de los tipos de sangre de los atunes para elucidar la estructura de las poblaciones.
   b. Continuación de los programas rutinarios de muestreo de la composición de tamaños en California, Perú y Ecuador, mediante el proceso de los datos resultantes, usando métodos del computador de dígitos.
   c. Continuación de la investigación sobre estadísticas vitales (edad, crecimiento, mortalidad y fuerza de las clases anuales) según los datos de la composición de tamaños, en conjunción con los datos de la pesca por unidad de esfuerzo.
   d. Continuación y aplicación del desarrollo de modelos matemáticos basados en las estadísticas vitales para compararlos con los resultados de los modelos basados en los datos de la pesca solamente, para ayudar a la comprensión de la dinámica de las poblaciones de atún y como una base para vigilar los efectos de la pesca sobre los stocks y los efectos de cualquier regulación que se imponga a la pesquería.
   e. Estudios del desove y temprana historia natural.
      (1) Estudios de la fecundidad de los atunes y su posible variación en diferentes subpoblaciones.
      (2) Continuación de los estudios del desove y temprano desarrollo por medio del examen de las recolecciones de larvas y juveniles—mayormente análisis del material que ya tenemos; no se han planeado nuevos cruceros para este propósito, aunque algunas entidades que cooperan con la Comisión continuarán coleccionando incidentalmente material para nosotros.
   f. Comportamiento de los atunes. Análisis de los datos sobre las variaciones temporales en la abundancia y en la distribución, en relación con las variaciones de los factores ambientales, con particular referencia a los efectos sobre la disponibilidad de los peces para la pesquería.
3. **Oceanografía y ecología del atún**
   a. Continuación del estudio de los datos acumulados sobre oceanografía y meteorología para elucidar las variaciones anuales y estacionales en los factores físicos, químicos y biológicos y para comprender los procesos oceánicos tanto en grande como en pequeña escala.
   b. Análisis de los datos del Crucero al "Domo" de Centroamérica en 1959 y del extenso crucero frente a Sudamérica (STEP-I) en 1960.
   c. Participación de uno o dos científicos en un crucero de Scripps a las vecindades de las Islas Galápagos, en el otoño de 1961.

d. Iniciación de un estudio de la oceanografía física, química y biológica del Golfo de Guayaquil, estudio que estará conectado con el trabajo del Instituto Nacional de Pesca del Ecuador (bajo los auspicios del Fondo Especial de las Naciones Unidas).
e. Estudio de los organismos indicadores (quetognatos) con especial referencia al material de STEP-I.
f. Aumento en la subvención al Dr. Bjerknes de la Universidad de California, Los Angeles (U.C.L.A.), para el estudio de las relaciones meteorológicas y oceanográficas en el Pacífico Oriental, con especial referencia al fenómeno de "El Niño".
g. Continuación de la cooperación y ayuda a otras entidades que estudian la oceanografía pesquera en el Pacífico Oriental Tropical.

4. Investigación sobre los peces de carnada

a. Estudios en el Golfo de Nicoya. Continuación del programa rutinario actual de observaciones biológicas e hidrográficas.
b. Estudios en el Golfo de Panamá.
   (1) Terminación de los informes sobre las investigaciones anteriores.
   (2) El trabajo experimental será confinado al estudio de las migraciones y de la relativa intensidad de la pesca por medio de las marcas internas que se recobren en las plantas de reducción.
c. Estudios en el Golfo de Guayaquil (en cooperación con el Instituto Nacional de Pesca del Ecuador).
   (1) Estudios de la oceanografía física, química y biológica.
   (2) Estudios de la biología de las anchovetas y de otros peces de carnada.
d. Compilación y análisis rutinarios de los datos estadísticos sobre las capturas de los peces de carnada.
e. Terminación del estudio sobre la fecundidad de las anchovetas y estudio del arenque de hebra en Panamá.

Este programa fué planeado como una continuación del que se efectuó durante el año anterior, con la introducción, sin embargo, de algunos cambios de consideración, particularmente: (1) considerable disminución en las investigaciones sobre las especies de carnada en el laboratorio principal de la Comisión y en Panamá, e iniciación de nuevos estudios en el Golfo de Guayaquil; (2) aumento en el esfuerzo dedicado al estudio de la estructura de las poblaciones de atún por medio de la clasificación de los tipos de sangre; (3) disminución de un poco del trabajo en el mar sobre la oceanografía de alta mar y la ecología de los atunes, pero iniciación de estudios oceanográficos en el Golfo de Guayaquil y áreas adyacentes mar afuera. Esto habría representado más o menos el mismo nivel de esfuerzo en la investigación como en el año anterior. Sin embargo, en un presupuesto anticipado de las investigaciones por $400,000.00 se previó un aumento de más o menos $26,000.00 sobre el año precedente. Debido a los aumentos de los sueldos y de los costos de equipo y material, el aumento en este presupuesto era esencial si el programa iba a continuarse en el mismo nivel que anteriormente.

Desgraciadamente, los fondos asignados a la Comisión para el mantenimiento de sus investigaciones han sido los mismos que para el año fiscal anterior, por lo que ha sido necesario reducir el programa proyectado. A fin de mantener los gastos dentro de los fondos disponibles, se han introducido los siguientes cambios en el plan original:

(1) Los estudios de las migraciones y de la estructura de las poblaciones por medio de la marcación y de la clasificación de los tipos de sangre se realizan en forma menos extensa que la proyectada.

(2) Se ha interrumpido el muestreo de atunes para determinar la composición de tamaños, así como la marcación y otros trabajos en Manta, Ecuador.

(3) Se ha reducido un poco el análisis de los datos oceanográficos acumulados.

(4) Los estudios en el Golfo de Nicoya se han limitado a lo que puede hacerse en la costa, habiéndose interrumpido los trabajos en el barco.

(5) La investigación en el Golfo de Guayaquil se desarrolla a un ritmo algo menor que el planeado.

Durante 1961, el personal científico de la Comisión ha estado en condiciones de llevar adelante en forma satisfactoria el programa de investigaciones, con las limitaciones anotadas anteriormente. Sin embargo, debido a la falta de fondos adecuados, se han venido desarrollando deficiencias que llegarán a ser cada vez más serias, especialmente con respecto a la investigación sobre la estructura de las poblaciones y los límites de la distribución de las poblaciones de atunes, y sobre la ecología de estas especies con relación a los factores oceanográficos físicos, químicos y biológicos. Más aún, por haber llegado a la completa utilización de los recursos del atún aleta amarilla y al consecuente aumento del esfuerzo de pesca sobre el barrilete, es necesario que se intensifique la investigación sobre esta última especie a la que en el pasado se le había dado una prioridad menor. Como evidentemente la distribución del barrilete es más amplia que la del atún aleta amarilla, su estudio adecuado requerirá un trabajo más costoso en el mar fuera de los límites de la pesquería actual. Reconociendo estos requerimientos, la Comisión ha recomendado a los Gobiernos Miembros (ver página 39) un aumento substancial en los fondos para las investigaciones durante el próximo año. Si no se consigue este aumento, es casi seguro que en un futuro próximo la Comisión no estará en condiciones de cumplir adecuadamente su misión ante la Convención.

El hecho de que el personal de investigaciones, con un limitado soporte financiero, haya logrado en forma razonablemente satisfactoria la información científica requerida por la Comisión, se ha debido en gran parte a la cooperación de otras entidades u oficinas gubernamentales, universitarias e internacionales que realizan investigaciones oceanográficas y sobre pesquerías en el Océano Pacífico Oriental. Gran parte de nuestro trabajo en el mar se efectúa conjuntamente con científicos de la Institución Scripps de Oceanografía de la Universidad de California, en donde tenemos nuestra oficina principal; esta institución nos provee además de espacio para laboratorio, servicios de biblioteca y nos permite el uso de gran parte de su equipo, contando así mismo con el consejo y asesoramiento de los miembros de su facultad. Nuestro personal tiene también arreglos de tipo cooperativo con oficinas gubernamentales de investigación pesquera de los Gobiernos Miembros, y también con las de

algunos gobiernos que no pertenecen a nuestra organización. Se han hecho así mismo arreglos para investigar cooperativamente e intercambiar datos con los institutos establecidos por el Fondo Especial en el Perú y en el Ecuador para el estudio y desarrollo de las pesquerías. Particularmente se han establecido estrechas relaciones con el Instituto Nacional de Pesca del Ecuador, en donde nuestro programa de investigaciones en el Golfo de Guayaquil y aguas adyacentes está ligado íntimamente con el programa de dicho instituto; allí se proporciona a nuestro personal espacio para su laboratorio y otras facilidades y ayuda que también se reciben de otras ramas del Gobierno del Ecuador.

Progreso de las investigaciones

Se progresó bastante durante el año en el programa de investigaciones delineado anteriormente a pesar de que, como queda dicho, fué necesario restringir algunos de los estudios hasta un grado indeseable, debido a la falta de los fondos previstos. Se continuó en el empeño de dar especial énfasis al estudio de la estructura de las poblaciones, dinámica y ecología del atún aleta amarilla, debido a la evidente necesidad de las medidas de conservación para esta especie. La investigación sobre el barrilete se continuó en menor escala. Se ha reducido mucho la investigación sobre las especies de carnada, y los estudios de la oceanografía física, química y biológica fueron limitados al análisis de los datos acumulados, excepto por la participación en un crucero de la Institución Scripps al área cercana a las Islas Galápagos y la iniciación de un nuevo programa de estudios del Golfo de Guayaquil y aguas adyacentes.

El personal científico continuó con la recolección de los registros de los desembarques de atún de todo el Pacífico Oriental, así como de los registros detallados de los diarios de pesca sobre las operaciones y resultados de una gran parte de los barcos pesqueros. Se mantuvo al día el proceso y análisis de estos datos para medir la abundancia aparente de los stocks de atún, su distribución geográfica y los efectos de la pesquería sobre éllos. El cambio del sistema de pesca con carnada viva al predominante sistema de pesca con redes de cerco continuó durante 1961. Afortunadamente, con base en los datos de los barcos rederos, el personal científico ha estado en condiciones de desarrollar satisfactoriamente métodos estadísticos para calcular un índice de la abundancia aparente del atún aleta amarilla, el cual se puede comparar con el índice basado en los datos de los barcos de carnada empleado anteriormente, lo que ha hecho posible la continuación de las series estadísticas a largo plazo de las medidas del esfuerzo y de la captura según el esfuerzo sobre esta especie, lo que constituye la base primordial para estimar las condiciones de la población del atún aleta amarilla. No ha sido posible hacer ésto con el barrilete, porque como esta especie se mantiene sin ser utilizada en toda su abundancia, ésto no es crítico.

Durante 1961, el esfuerzo de pesca sobre el atún aleta amarilla llegó a un máximo nunca alcanzado anteriormente y dió como resultado una

producción cercana a los 235 millones de libras (*sin* incluir los peces capturados y perdidos antes del desembarque). Este nivel de esfuerzo y de rendimiento ha reducido más aún los stocks de atún aleta amarilla y los ha colocado debajo del nivel al que se puede mantener un promedio máximo de producción. También hubo un cambio notorio de 1960 a 1961 en la distribución por áreas de las capturas de esta especie; la captura de la región al norte de los 15° N. mostró una marcada disminución, y la de frente a la América Central un correspondiente aumento, a pesar de que la captura según el esfuerzo de los barcos rederos mermó ostensiblemente en *ambas* regiones. Este cambio del origen de las capturas puede haberse debido en parte al régimen de la temperatura oceánica, pero la causa mayor parece ser la disminución de la abundancia del stock norte, causada por la pesca tan intensa durante 1960 y el consecuente cambio del esfuerzo de pesca hacia el sur.

Durante 1961 hubo un considerable aumento en los desembarques de barrilete, debido a diversos factores: (1) Parece haber aumentado un poco el promedio de la abundancia aparente. (2) Con la disminución en la abundancia del atún aleta amarilla, los rederos dieron más atención al barrilete, especialmente a fines del año. (3) Las embarcaciones locales aumentaron el esfuerzo de pesca en aguas frente a la parte septentrional de Sudamérica. La población de barrilete quedó sin ser explotada en todo lo que puede rendir. Sin embargo se espera que, con la disminución de los recursos del atún aleta amarilla, el barrilete será explotado más intensivamente durante 1962 y en el futuro.

La flota de barcos de carnada de los Estado Unidos continuó declinando, y con ésto la pesca de carnada decayó más aún. Sin embargo, ha habido algún aumento en la pesca de peces de carnada en países latinoamericanos, particularmente en el Ecuador. En el Golfo de Panamá, el stock de anchovetas se utiliza tanto para carnada del atún como para su reducción a harina y aceite, pero no hay evidencia de que estas pesquerías hayan afectado apreciablemente el stock.

Se continuaron las investigaciones acerca de las variaciones estacionales y anuales del grado al que tanto los barcos de carnada como los rederos pueden concentrar sus esfuerzos con éxito en áreas en que el atún se encuentra en mayor abundancia. En años anteriores a 1958, el índice de concentración correspondiente a los barcos rederos, con respecto al atún aleta amarilla, era mucho más variable que el correspondiente a los barcos de carnada, probablemente debido al limitado radio de operaciones de la flota redera tanto en el espacio como en el tiempo durante aquellos años. Desde 1958, el índice de los barcos rederos ha sido mucho más estable y se acerca al índice de los barcos de carnada.

Durante el año se han hecho análisis adicionales de los datos de los registros de los diarios de pesca sobre cada una de las caladas de los barcos rederos, a fin de tener un mejor entendimiento de la naturaleza de las operaciones de estos barcos y como una ayuda para elucidar los

hábitos gregarios de los atunes. El porcentaje de caladas con éxito durante 1954 alcanzó un promedio de 53.9, y fué bastante similar en las diferentes regiones importantes de pesca. Sin embargo, el promedio de la captura por calada con éxito varía con el tamaño de los barcos y muestra también grandes variaciones entre las regiones de pesca, lo que probablemente es un reflejo de las diferencias reales en los hábitos gregarios. La ayuda de aeroplanos reduce el porcentaje de caladas sin éxito y aumenta el promedio de la captura por calada. Esto último aparentemente se debe a que los aeroplanos traten de evitar los cardúmenes más pequeños.

La investigación sobre la estructura de las poblaciones, los movimientos migratorios y las estadísticas vitales del atún se continúa por diversos medios; éstos incluyen la marcación, los estudios genéticos por medio de la clasificación de los tipos de sangre, y los estudios sobre la composición de tamaños de la pesca comercial.

Además de las muestras de la composición de tamaños recolectadas por nuestro personal durante 1961, gracias a la cortesía del California State Fisheries Laboratory hemos obtenido una valiosa serie de datos sobre la frecuencia de tamaños correspondiente a los años 1951-1954, anteriores a la iniciación de nuestro programa de muestreo. Los datos sobre el atún aleta amarilla correspondiente a estos primeros años han sido ya procesados y clasificados y se ha comenzado también su análisis. Hay una excelente correspondencia entre los datos del Estado de California y nuestros propios datos de los últimos años, en cuanto a que los tamaños modales de las clases anuales identificadas por los datos de 1951 a 1954 corresponden a edades mayores con los tamaños modales de clases anuales idénticas previamente identificadas por nuestros datos. El estudio de los datos combinados hará posible la comparación de las tasas de crecimiento y de mortalidad y de la fuerza de las clases anuales de una larga serie de grupos de edades, lo que nos dará un mejor entendimiento de las variaciones de estas estadísticas vitales y de los efectos que sobre ellas puedan tener los cambios en el esfuerzo de pesca.

El estudio de los datos sobre la composición de tamaños del barrilete continuó durante el año hasta donde lo permitió la prioridad más alta de los estudios del atún aleta amarilla. Como se informó el año pasado, las curvas de las frecuencias de tamaños del barrilete de la mayoría de las áreas exhiben progresiones modales que indudablemente reflejan el crecimiento de los grupos de peces. Al principio creíamos, como se informó también el año pasado, que en esta especie, como en el atún aleta amarilla, se reclutaban cada año dos series de grupos de edades para el stock comercial, lo que ocurría con alguna regularidad; sin embargo, ésto puede no ser así. Puede ser que estos grupos solamente representen el paso variable e irregular de cardúmenes de peces por las regiones de pesca, y que no sea posible identificar ni seguir las clases anuales. Si así fuese, los datos podrían ser empleados para derivar las curvas promedio del crecimiento pero no para estudiar individualmente las clases anuales. Esto requiere una mayor investigación.

Se efectuó una marcación adicional durante 1961 a bordo de barcos comerciales de pesca y en una embarcación comercial especialmente fletada para este objeto. Las tasas de recobro de los peces marcados, especialmente las del atún aleta amarilla, han aumentado en forma notoria sobre las de los años anteriores.

El crucero en el barco fletado especialmente para marcar en las vecindades del Golfo de Panamá fué planeado principalmente para conseguir comparación de las rutas de migración durante un año oceanográfico frío con las de un año caluroso, 1959, durante el cual se había hecho un experimento previo. Sólo se han estudiado detalladamente los recobros de atún aleta amarilla. Estos indican una ruta de migración similar a la del experimento anterior; los peces se dispersan rápidamente del punto en que fueron devueltos al agua una vez marcados, llegando en pocos meses hasta tan al norte como la costa meridional de México y tan al sur como el norte del Perú*. Las tasas de los recobros fueron mucho más altas que en el experimento anterior, lo que tal vez sea un reflejo del aumento en el esfuerzo de pesca así como de la disminución de la mortalidad inicial por la marcación.

En un estudio exploratorio de seis grupos de recobros de atunes aleta amarilla marcados y liberados en aguas frente a Baja California en los años 1957 a 1960, se han usado nuevos métodos de análisis de los recobros de marcas y del esfuerzo de pesca que les corresponde. Este método se emplea para obtener estimaciones de la tasa instantánea de la mortalidad por unidad de esfuerzo de pesca, así como de la tasa total de disminución de los recursos. La primera tiene la desventaja de la dificultad de poder estimar adecuadamente la mortalidad inicial por la marcación. La última, que está mucho más libre de esta causa de error, indica un aumento progresivo en la tasa de disminución de los recursos lo que a su vez indica una tasa mayor de mortalidad por la pesca en los años más recientes, si se supone que los otros factores son constantes. Esto, desde luego, es algo más que confirma el aumento de la tasa de explotación del atún aleta amarilla puesto de manifiesto por el análisis de los datos estadísticos de la captura.

Como se ha informado anteriormente, el análisis de los recobros de marcas nos lleva a creer que hay una alta mortalidad inicial de los atunes marcados, probablemente debida a la rápida formación de ácido láctico y a un déficit de oxígeno resultante de la hiperactividad durante la captura, siendo ésta mayor en aguas más templadas. Para investigar ésto directamente, se realizaron experimentos fisiológicos durante el curso de nuestro crucero en el barco fletado para visitar las aguas frente a la América Central. Dichos experimentos revelaron claramente que se opera una rápida formación de ácido láctico en la sangre de los atunes durante la captura, siendo esta reacción más rápida y severa que en otros peces, tales como la trucha y el salmón, previamente estudiados. Proyectamos hacer estudios adicionales durante los primeros meses de 1962 en un área

* Desde que se escribió este informe, se ha hecho también un recobro frente al norte de Chile.

de aguas más frías (frente a Baja California) con propósitos comparativos. Se espera que estos estudios, juntamente con un análisis adicional de los datos sobre recobros de marcas, nos proporcionen el medio de estimar la mortalidad inicial causada por la marcación.

Se ha logrado un mayor progreso en la clasificación de los tipos de sangre de los atunes por medio de extractos de las semillas de diversas clases de plantas leguminosas. Se han descubierto otros reactivos para la clasificación sanguínea de los atunes aleta amarilla. La comparación de tipos de sangre de atunes aleta amarilla de Hawai y de la costa americana ha revelado diferencias significativas entre las poblaciones de estas regiones, pero todavía no hemos encontrado diferencias de ninguna clase entre diversas regiones a lo largo de la costa americana. Con los reactivos empleados hasta ahora no se han hallado diferencias entre los barriletes de Hawai y los de las diferentes localidades a lo largo de la costa americana.

Durante el año se terminó un informe detallado sobre las áreas y épocas de desove del atún en el Pacífico Oriental, reveladas por las recolecciones de larvas y juveniles. Esto confirmó y amplió los resultados de investigaciones anteriores basadas en el estudio de los ovarios de especímenes adultos con respecto a las áreas y temporadas de desove del atún aleta amarilla. También indicó, como lo hicieron los estudios de ovarios realizados anteriormente, que las principales localidades de desove del barrilete se encuentran mar afuera, generalmente mucho más allá de la región de la pesquería comercial a lo largo de la costa americana, y quizás también fuera de las áreas del mar cubiertas por nuestros cruceros de investigación.

Se completaron los estudios sobre el alimento de los atunes y sus hábitos alimenticios basados en el contenido estomacal; después de publicarlos se dará fin a esta investigación.

Se recolectaron también especímenes para estudios de la relación entre el tamaño y la fecundidad de los atunes aleta amarilla y barriletes. Por una circunstancia afortunada, de un cardumen de atunes aleta amarilla se obtuvo una muestra que aparentemente estaba en proceso de desovar; el examen de esta muestra indicó que el desove es probablemente intermitente, y el grupo de huevos maduros es expelido en tandas en un período de tiempo.

La investigación sobre la oceanografía física, química y biológica consistió en la participación en un crucero de la Institución Scripps de Oceanografía a las vecindades de las Galápagos, iniciación de un estudio en el Golfo de Guayaquil y aguas adyacentes, y análisis de los datos acumulados.

Durante el período septiembre-diciembre, tres miembros de nuestro personal científico participaron en la Expedición "Swansong" de la Institución Scripps para estudiar la región de la Subcorriente Ecuatorial de Cromwell, con especial énfasis sobre la región cercana a las Galápagos.

Las observaciones en este crucero sobre la productividad biológica y la cosecha estable de fitoplancton nos suministraron datos para llenar un vacío importante en nuestro conocimiento, y coincidieron muy bien con los resultados de la Expedición STEP-I de 1960. El estudio preliminar de los datos indica que hay una alta productividad asociada con el afloramiento sobre la Corriente de Cromwell, cuyas aguas se desvían en su mayor parte hacia el norte de las Islas Galápagos cuando llegan a éstas.

En julio de 1961, en cooperación con el Instituto de Pesca del Ecuador y de la Marina de este país, se comenzó un estudio de dos años y medio de la oceanografía y ecología del Golfo de Guayaquil y de las aguas oceánicas adyacentes. Este estudio está basado en una serie de tiempo de observaciones de las propiedades físicas, químicas y biológicas de un patrón de las estaciones fijas en el Golfo y en las aguas oceánicas adyacentes. Esta región es de considerable importancia por la producción de atunes así como de peces de carnada, y también lo es por ser la única extensa región tropical de tipo de estuario en la costa oeste de las Américas.

En el estudio del ciclo estacional promedio del sistema de los vientos y corrientes, se emplearon los datos sobre el viento y las corrientes de todo el Pacífico Oriental Tropical. Este estudio ha revelado importantes características de los patrones permanentes y periódicamente variables de la circulación, cuyo conocimiento es útil para determinar las variaciones geográficas y estacionales en los factores que pueden esperarse influyan en la abundancia y disponibilidad del atún para la pesca.

Se ha demorado la terminación del Atlas "Eastropic" sobre las características superficiales y subsuperficiales del Pacífico Oriental Tropical a causa de haberse descubierto errores en los datos básicos, algunos de los cuales han necesitado de un extenso y nuevo examen y de nuevos cálculos para su corrección. Ahora se espera que el Atlas será completado durante 1962.

El análisis de las mediciones directas de las corrientes y de los cálculos geostróficos, y el estudio de la distribución de la salinidad y del oxígeno, basados en los datos obtenidos en el crucero STEP-I, junto con información de otras expediciones, nos han proporcionado la base para un estudio de la subcorriente que se desplaza hacia el sur a lo largo de la costa del Perú. Anteriormente sólo se sospechaba la existencia de la contracorriente del límite oriental, pero nunca había sido estudiada directamente. Está asociada con el afloramiento a lo largo de la costa de Sudamérica, y parece ser una considerable significación biológica.

Se continuaron los estudios de los quetognatos como indicadores biológicos en la región frente a Sudamérica, empleando el material de STEP-I y del barco peruano de investigaciones *Bondy*. Una vez terminada esta investigación, se espera que nos lleve a un mejor conocimiento de la región de aguas cálidas que llegan a la costa durante los períodos de "El Niño".

Con el soporte financiero de esta Comisión, el Dr. J. Bjerknes, Pro-

fesor de Meteorología de la U. C. L. A., casi ha completado un estudio del período 1957-1958 de "El Niño" en relación con las anomalías de la temperatura del agua en todo el océano durante estos años, el cual incluye un análisis de los datos meteorológicos y de la temperatura de la superficie del mar tanto en el Pacífico Norte como en el Pacífico Sur, y también el estudio de las series históricas de los datos del período 1925 a 1959 de localidades seleccionadas. Los resultados de este estudio proporcionan un entendimiento mucho mejor de los efectos de las variaciones meteorológicas en el régimen de la temperatura del mar, no solamente en aguas frente a la América del Sur sino también en otras partes del Pacífico Oriental. Esto nos permitirá comprender mejor las variaciones independientes de la pesquería que han habido en el pasado respecto a la abundancia aparente de los atunes, y a pronosticarlas mejor en el futuro.

La investigación sobre los peces de carnada fué reducida aún más durante 1961. Los estudios sobre la fecundidad de la anchoveta y la clasificación por especies del arenque de hebra fueron completados en nuestros laboratorios principales, y luego suspendidos. Se continuaron los estudios de algunos aspectos de la biología de la *Anchoa naso,* basándose en muestras recolectadas en Manta, Ecuador; se espera completarlos durante 1962.

En octubre se suspendieron los estudios hidrográficos del Golfo de Nicoya. El trabajo actual ahí consiste en recoger muestras de las pescas de las embarcaciones locales para controlar la población de anchovetas; obtener datos de la temperatura y la salinidad en el muelle de Puntarenas, y estudiar las colecciones del arenque de hebra que tenemos acumuladas.

Durante la primavera de 1961 se efectuó una marcación de anchovetas a gran escala en el Golfo de Panamá, después de la cual se suspendió el trabajo con la embarcación. Los recobros continuos de marcas en las fábricas de harina de pescado en 1961, y durante 1962, proveerán la base para describir los movimientos migratorios y la mezcla de los stocks de anchovetas dentro del Golfo. Continúa la investigación sobre los hábitos alimenticios de la anchoveta con base en el material acumulado, y se completará durante el próximo año. Se realizan estudios adicionales sobre la edad y el crecimiento así como sobre la composición por edades de la población de anchovetas en el Golfo, teniendo como base las muestras de la pesquería para la fabricación de harina de pescado.

Durante el mes de julio de 1961 se comenzó el muestreo rutinario de los peces clupeoides y engráulidos en el Golfo de Guayaquil, en conexión con los estudios ecológicos que hacemos allí, y en cooperación con el Instituto de Pesca del Ecuador establecido con la ayuda técnica de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, y con el soporte financiero del Fondo Especial de las Naciones Unidas. Las muestras que se recojan servirán de base para un estudio taxonómico de las poblaciones locales de clupeidos y engráulidos, y para los estudios de la ecología y biología de la anchoveta y del arenque de

hebra. También se colecciona y estudia material de otras localidades a lo largo de la costa del Ecuador, aprovechando las oportunidades que se presentan.

Un informe detallado del Director de Investigaciones sobre los estudios realizados durante 1961 se incluye como Apéndice A.

Publicación de los resultados de la investigación

La publicación de trabajos científicos y monografías de alta calidad profesional constituye una de las más importantes actividades de esta Comisión para informar a la comunidad científica, así como a los Gobiernos Miembros y al público en general, sobre los datos básicos, métodos de análisis y conclusiones a que han llegado los investigadores del personal científico de la Comisión. De esta manera se hace una amplia divulgación de los métodos y resultados de las investigaciones, sometiéndolos al examen y a la crítica para asegurarse la bondad del continuo programa de trabajo que la Comisión tiene a su cargo. Al mismo tiempo, con estas publicaciones se estimula el interés de otros científicos en estas investigaciones tanto en el Pacífico Oriental como en otras partes del océano.

La Comisión publica en su serie de *Boletines* las investigaciones de su personal y de los científicos que cooperan con ella. Durante 1961 se editaron ocho publicaciones de esta serie, todas en inglés y español:

Boletín, Volumen 5, No. 1 — "Composición del tamaño y de las clases anuales de la pesca, edad y crecimiento del atún aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental Tropical durante los años 1954-1958" por Richard C. Hennemuth.

Boletín, Volumen 5, No. 2 — "Estudios de la edad, crecimiento, madurez sexual y desove de las poblaciones de anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*) de la costa del Océano Pacífico Oriental Tropical" por Izadore Barrett y Gerald V. Howard.

Boletín, Volumen 5, No. 3 — "Estudio de "El Niño" basado en el análisis de las temperaturas de la superficie del océano de 1935-57" por Jacob Bjerknes.

Boletín, Volumen 5, No. 4 — "Algunas características de la autoecología y distribución de los Quetognatos en el Océano Pacífico Oriental Tropical" por Paul N. Sund.

Boletín, Volumen 5, No. 5 — "Marcación y recobro de atunes tropicales, 1955-1959" por Milner B. Schaefer, Bruce M. Chatwin y Gordon C. Broadhead.

Boletín, Volumen 5, No. 6 — "Desove de los atunes aleta amarilla y barrilete en el Pacífico Oriental Tropical, según los estudios del desarrollo de las gónadas" por Craig J. Orange.

Boletín, Volumen 6, No. 1 — "Abundancia de las clases anuales, mortalidad y rendimiento por recluta del atún aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental, 1954-1959" por Richard C. Hennemuth.

Boletín, Volumen 6, No. 2 — "Fecundidad de la anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*) en el Golfo de Panamá" por Clifford L. Peterson.

Además de estos *Boletines,* 14 trabajos de los miembros de nuestro personal han sido publicados en otros órganos de prensa.

45. Cromwell, Townsend
    1960 Pycnoclines created by mixing in an aquarium tank.
    Jour. Mar. Res., Vol. 18, No. 2, pp. 73-82.

46. Fink, Bernard D. y Glen B. Haydon
    1960 Sperm morphology of two cottid fishes in electron micrographic silhouettes.
    Copeia, 1960, No. 4, pp. 319-322.

47. Sund, Paul N.
    1961 Two new species of Chaetognatha from the waters off Peru.
    Pacific Science, Vol. 15, No. 1, pp. 105-111.

48. Pollak, Martin J.
    1961 Units for specific volume of sea water.
    Jour. Mar. Res., Vol. 19, No. 1, pp. 28-29.

49. Klawe, Witold L.
    1961 Young scombroids from the waters between Cape Hatteras and Bahama Islands.
    Bull. Mar. Sci. Gulf and Caribbean, Vol. 11, No. 4, pp. 150-157.

50. Paquette, R. G., E. L. Scott y P. M. Sund
    1961 An enlarged Clarke-Bumpus plankton sampler.
    Limnology and Oceanography, Vol. 6, No. 2, pp. 239-233.

51. Broadhead, Gordon C. y Arthur R. Marshall
    1961 New methods of purse seining for tuna in the Eastern Pacific Ocean.
    Proc. Gulf and Carib. Fish. Inst., 13th Ann. Session, pp. 67-73.

52. Klima, Edward F. y William H. Bayliff
    1961 Tagging of anchovetas (*Cetengraulis mysticetus*) in the Gulf of Panama.
    Proc. Gulf and Carib. Fish. Inst., 13th Ann. Session, pp. 151-156.

53. Alverson, Franklin G.
    1961 Daylight surface occurrence of Myctophid fishes off the coast of Central America.
    Pacific Science, Vol. 13, No. 3, pp. 483.

54. Schaefer, Milner B.
    1961 Tuna oceanography programs in the tropical Central and Eastern Pacific.
    Calif. Coop. Oceanic Fish. Inv., Rept., Vol. 8, pp. 41-44.

55. Klawe, Witold L.
1961 Notes on larvae, juveniles, and spawning of bonito (*Sarda*) from the Eastern Pacific Ocean.
Pacific Science, Vol. 15, No. 4, pp. 487-493.

56. Klawe, Witold L.
1961 Informe sobre los datos obtenidos en el "Tuna Spawning Survey Cruise" del 1o. al 20 de junio de 1957.
Cienca (Méx.), Vol. 21, No. 2, pp. 65-74.

57. Schaefer, Milner B.
1961 Some fundamental aspects of marine ecology in relation to radioactive wastes.
Health Physics, Vol. 6, pp. 97-102.

58. Wooster, Warren S. y M. Gilmartin
1961 The Peru-Chile Undercurrent.
Jour. Mar. Res., Vol. 19, No. 3, pp. 97-122.

Adhesión del Ecuador

La República del Ecuador se adhirió a la Convención el 7 de abril de 1961, convirtiéndose en la cuarta nación miembro de esta Comisión. En la reunión de la Comisión del 14 de septiembre de 1961, el Ecuador estuvo representado por el Sr. César Raza, Subdirector de Pesquerías del Ministerio de Fomento. Hasta fines del año, los Delegados del Ecuador todavía no habían sido designados.

Cambios de los Delegados

El 25 de febrero de 1961, la República de Panamá designó al Dr. Harmodio Arias Jr. y al Sr. Roberto Novey para suceder a los señores Gabriel Galindo y Richard Eisenmann como miembros de la Sección Panameña de la Comisión.

El Sr. Lee F. Payne de la Sección de los Estados Unidos falleció el 10 de abril de 1961. Al final del año no se había aún nombrado su sucesor.

Comisión Oceanográfica Intergubernamental

La Primera Sesión de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental que está integrada por representantes de 39 naciones, incluyendo los Estados Unidos y el Ecuador, y que se organizó bajo los auspicios de la Organización Educacional, Científica y Cultural de las Naciones Unidas, se efectuó en París, Francia, del 19 al 27 de octubre de 1961. La COI probablemente será de gran importancia para la coordinación de los esfuerzos internacionales en la investigación y exploración de los océanos, y se espera que sea efectiva para el desarrollo de programas regionales en Latinoamérica y en otras partes. Se espera que sus esfuerzos en la promoción de entrenamiento oceanográfico en países subdesarrollados, sistemas de intercambio de datos y sistemas regionales y en todo el océano para una red de estaciones de observación, estandarización e intercalibración de métodos y equipos, y programas cooperativos internacionales

de investigación y exploración, sean de considerable importancia para nuestra Comisión.

Atendiendo a una invitación de la COI, esta Comisión envió a la reunión de París al Dr. Schaefer como Observador y como tal participó en la reunión como miembro de dos de sus grupos de trabajo: el encargado de las relaciones entre la COI y otras organizaciones, y el de la coordinación de programas nacionales y asuntos técnicos.

Servicios públicos

Durante el año, el Dr. Schaefer continuó al servicio de dos comités de la Academia Nacional de Ciencias — Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos.

El Comité de Oceanografía se reunió varias veces durante el año para asesorar a la Administración y al Congreso sobre el actual programa oceanográfico nacional y el proyectado para el futuro. Este Comité también actúa como Comité Nacional para el Comité Especial sobre Investigación Oceanográfica del Consejo Internacional de Uniones Científicas que interviene en el planeamiento y organización de la Expedición al Océano Indico, y así mismo asesora y guía a la Comisión Oceanográfica Intergubernamental. El Dr. Schaefer también actua como representante de la Academia Nacional de Ciencias en la Junta Asesora del Centro Nacional de Datos Oceanográficos la cual se reúne varias veces durante el año para guiar a aquella organización en su política.

El Comité NAS-NRC sobre los Efectos de la Radiación Atómica en la Oceanografía y las Pesquerías se reunió dos veces al año para revisar y aprobar el borrador final del informe de un grupo de personas sobre la evacuación de los desechos radioactivos de bajo nivel frente a la costa occidental de los Estados Unidos, y considerar otros problemas conectados con los usos pacíficos de la energía atómica en el mar.

El Dr. Schaefer ha actuado como miembro de una organización creada *ad hoc,* llamada "Latin-American Working Group on Earth Science" (Grupo Latinoamericano de Trabajo de las Ciencias Terrestres) (incluyendo la oceanografía y las pesquerías), nombrada por el Presidente del Comité Asesor de Ciencias de los Estados Unidos (U. S. President's Science Advisory Committee) para preparar un informe con recomendaciones respecto a los programas sobre ciencias terrestres que han de servir como guía para futuras actividades de los programas de ayuda extranjera de los Estados Unidos en Latinoamérica.

A solicitud del Fondo Especial de las Naciones Unidas, el Dr. Schaefer sirvió como consultor de esa organización en proyectos sobre pesquerías y oceanografía. En marzo y abril obtuvo permiso de la Comisión durante seis semanas para servir como consejero en nombre del Fondo Especial ante el Gobierno de Chile para ayudar a este Gobierno a preparar una propuesta sobre un proyecto de investigación, exploración y desarrollo de pesquerías.

A invitación de los Estados Unidos, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación proyecta una Reunión Científica Mundial Sobre Biología del Atún y Especies Afines en La Jolla, California, del 2 al 14 de julio de 1962. El Dr. Schaefer está sirviendo como miembro de un grupo preparatorio de esta reunión; junto con otros miembros del personal científico está dedicado a la preparación de parte de la documentación básica.

De acuerdo a un convenio cooperativo con la Institución Scripps de Oceanografía de la Universidad de California, en donde está situado nuestro laboratorio, el personal científico trabaja en estrecha colaboración con el personal de la institución. El Dr. Schaefer ha servido en diversos comités de la misma y, además, durante el semestre que comenzó en el otoño de 1961 ayudó a enseñar un curso avanzado sobre dinámica de las poblaciones.

Durante 1960-1961, la Conferencia Oceánica del Pacífico Oriental (Eastern Pacific Oceanic Conference), una organización no oficial de oceanógrafos dedicados a investigar en el Océano Pacífico Oriental, tomó a su cargo la tarea de preparar un plan detallado para un programa cooperativo de investigación y exploraciones oceánicas con el objeto de obtener el conocimiento requerido sobre esta parte del mar para una variedad de propósitos y, en caso de realizarse, abarcar los esfuerzos coordinados de diversos barcos y de muchos científicos de numerosos laboratorios, tanto universitarios como gubernamentales de los Estados Unidos y de otras naciones interesadas en esta región. El Dr. Schaefer y el Sr. E. B. Bennett del personal científico de la Comisión participaron en un Comité para desarrollar el plan, el cual fué completado y aprobado en una reunión de la EPOC en septiembre de 1961, y ha sido dado a conocer a las entidades u oficinas, tanto nacionales como internacionales que probablemente lo auspicien, para su consideración y, confiamos, para su realización.

Reuniones de la Comisión

Reunión anual

La Comisión celebró su reunión ordinaria anual en la Ciudad de Panamá, República de Panamá, durante los días 23 y 24 de febrero de 1961, y en ella se tomaron las siguientes resoluciones:

1) Se aprobó para su publicación el Informe Anual correspondiente al año 1960.

2) Se hizo una revisión de las investigaciones en progreso, y se discutió y aprobó el programa de trabajo para el año fiscal 1961-1962. (Como se anota en otra parte de este informe, posteriormente fué necesario reducir un poco el programa aprobado debido a que los Gobiernos Miembros no proporcionaron los fondos de acuerdo al monto recomendado por la Comisión sobre el cual se habían basado los planes de las investigaciones).

3) Se consideraron los requisitos para el programa de investigaciones durante el año fiscal 1962-1963, especialmente la necesidad de aumentar algunos de los renglones sobre los trabajos en el mar; se recomendó un programa de investigaciones que exige un presupuesto de $535,680.00.

4) Se determinaron las proporciones en que los países miembros deben contribuir para los gastos conjuntos de la Comisión durante el año fiscal 1962-1963, sobre la base de las estadísticas más recientes de utilización de las especies de atún tropical por cada uno de estos países, como sigue: Estados Unidos de América, 99.76%; República de Costa Rica, 0.24%; República de Panamá, la contribución mínima de $500.00. (Después de la adhesión del Ecuador en abril de 1961, las proporciones fueron recomputadas así: Estados Unidos de América, 100.0; República del Ecuador, 2.16; República de Costa Rica, 0.24; República de Panamá, la contribución mínima de $500.00).

5) El Sr. Juan L. de Obarrio, de la República de Panamá, y el Sr. Lic. José L. Cardona-Cooper, de la República de Costa Rica, fueron elegidos Presidente y Secretario, respectivamente, para el siguiente año.

6) Se convino fijar provisionalmente la fecha del 24 de mayo de 1962 para la próxima reunión ordinaria anual.

7) Se decidió que la próxima reunión anual se celebraría en San Diego, California, a menos que otra u otras naciones se adhiriesen a la Convención durante el año calendario de 1961, en cuyo caso la reunión tendría por sede un lugar adecuado en la primera nación que se adhiriese a la Comisión, siempre que así lo deseara el respectivo gobierno.

8) Se consideró la evidencia científica sobre la posible necesidad de hacer recomendaciones para una acción conjunta de los Gobiernos Miembros a fin de conservar los stocks de atún aleta amarilla en el Pacífico Oriental Tropical; se resolvió que la Comisión reconoce la posibilidad de que en un futuro relativamente cercano será necesario hacer recomendaciones para una acción conjunta por parte de los Gobiernos Miembros a fin de mantener las poblaciones de atún aleta amarilla en condiciones de sostener un máximo rendimiento promedio; se reconoció que en una fecha posterior durante el curso del año la Comisión podría verse precisada a convocar a una reunión especial con el objeto de considerar las clases de reglamentación.

Reunión especial

Convocada por el Presidente, la Comisión celebró una Reunión Especial en Long Beach, California, el 14 de septiembre de 1961, para considerar la necesidad de reglamentar la pesquería del atún aleta amarilla y, de ser necesario, hacer recomendaciones específicas a los Gobiernos Miembros, así como para otros propósitos. La Comisión aprobó las siguientes resoluciones:

1) Se adoptó la siguiente Resolución en honor del Sr. Lee F. Payne, Delegado de los Estados Unidos, fallecido recientemente:

"*Considerando* con sentimiento la muerte el 10 de abril de 1961, a la edad de 60 años, del Sr. Don Lee F. Payne, miembro de la Sección Norteamericana de la Comisión;

"*Teniendo en cuenta* que el Sr. Payne había servido como miembro de la Comisión desde su fundación en 1950;

"*Tomando nota,* así mismo, de los largos años de servicios dedicados a la California Fish and Game Commission, a Los Angeles County Fish and Game Commission, y al California Marine Research Committee y su gran devoción a la causa de la conservación;

"*Recordando* la admiración y respeto que le han tenido todos sus colegas y las magníficas contribuciones que ha hecho a la causa de la cooperación internacional en asuntos pesqueros;

"*Expresa* el pesar de sus miembros por la desaparición de nuestro querido colega, Don Lee F. Payne;

"*Extiende* sus sinceras condolencias a su viuda y amigos que le sobreviven; y

"*Solicita* al Sr. Presidente que transmita a la Sra. Payne una copia de esta resolución."

2) Se consideró los estudios más recientes de los datos estadísticos de la captura y otras evidencias científicas sobre la necesidad de reglamentaciones de conservación de la pesquería del atún aleta amarilla, así como las medidas específicas que podrían ser recomendadas a los Gobiernos Miembros; se adoptó la siguiente Resolución respecto a estos asuntos:

"*Considerando*

"Que los estudios de su personal científico han indicado que durante el año 1960 la intensidad de la pesca sobre el atún aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental ha alcanzado el nivel correspondiente al promedio de la pesca máxima sostenible;

"Que los estudios continuos de las estadísticas de pesca y otros datos indican que, durante 1961, ha habido un aumento adicional en la pesca del atún aleta amarilla y que la pesca total durante este año excederá el rendimiento sostenible, y que, consecuentemente, las poblaciones de esta especie probablemente serán reducidas a un nivel que no puede proveer el rendimiento máximo sostenible;

"Que, por lo tanto, es necesario tomar una acción conjunta por parte de las Altas Partes Contratantes para restaurar las poblaciones del atún aleta amarilla a tales niveles de abundancia que hagan posible el rendimiento máximo sostenible, y mantenerlas en esta condición;

"Que, sin embargo, las existencias de barrilete, que se pesca en las mismas regiones al mismo tiempo, puede soportar mayores cosechas, lo que debería estimularse;

Que, en la pesca del barrilete la captura incidental de cierta cantidad de atún aleta amarilla es inevitable;

"Que, habiendo revisado los varios tipos posibles de reglamentaciones de la pesca del atún aleta amarilla con respecto a sus efectos biológicos y económicos, posibilidad y ejecución, y

"Que la limitación de la pesca total, por cuotas anuales, es el tipo de reglamentación más efectivo y práctico;

"Que aunque en el Pacífico Oriental Tropical hay por lo menos dos componentes semi-independientes de las poblaciones del atún aleta amarilla, la intensidad del esfuerzo de pesca en ellos es tal que, con una sola cuota anual de pesca para toda la región, hay una probabilidad muy grande de que resulten cosechas adecuadamente balanceadas de los componentes de las poblaciones;

"Que habiendo concluído, por lo menos inicialmente, que la reglamentación de la pesquería del atún aleta amarilla debe efectuarse por medio de una sola cuota total de captura para toda la región;

"Que se ha tomado en cuenta las siguientes estimaciones del personal científico:

1) Se habrá removido, a fines de 1961, de las existencias del atún aleta amarilla unas 23,000 toneladas, en exceso del rendimiento máximo sostenible, las cuales deben restaurarse.

2) Al nivel de la abundancia que se alcanzará a fines de 1961, las existencias del atún aleta amarilla serán, probablemente, capaces de sostener un rendimiento de solamente 87,000 toneladas (si el reclutamiento depende de la densidad), o de 95,000 toneladas (si el reclutamiento no depende de la densidad), no siendo posible en el momento actual decidir cuál condición es aplicable.

3) Se requiere una cuota de pesca menor que el rendimiento sostenible al nivel de la abundancia que se espera alcanzar a fines de 1961 para restaurar las existencias a la condición correspondiente al promedio del rendimiento máximo sostenible;

"*Recomienda*

a las Altas Partes Contratantes que tomen acción conjunta, como sigue:

1) Establecimiento de una cuota total de pesca para el atún aleta amarilla, para los pescadores de todas las naciones, de 83,000 toneladas durante el año calendario 1962.

2) Reservar 8,400 toneladas de esta cuota de atún aleta amarilla para las capturas incidentales en la pesca del barrilete después de la clausura de la temporada de pesca del atún aleta amarilla.

3) Abrir la temporada de pesca para el atún aleta amarilla el 1o. de enero de 1962; durante esta temporada, se les permitirá a los barcos salir de los puertos para la pesca de esta especie y del barrilete.

4) Clausurar la pesca del atún aleta amarilla durante 1962 cuando la cantidad desembarcada, más los desembarques que se esperan de los barcos que están aún en viaje con permiso para la pesca del atún aleta amarilla, alcance 74,600 toneladas.

5) Después de la clausura de la temporada de pesca del atún aleta amarilla, se emitan permisos a los barcos para la pesca del barrilete *solamente.* A cualquier barco operando con tal permiso se le debe permitir desembarcar no más del 15 por ciento por peso de atún aleta amarilla, en la captura total obtenida en cualquier viaje.

6) Tomar la acción que sea necesaria para inducir a los gobiernos que tengan barcos operando en esta pesca, pero que no son miembros de la Convención para el Establecimiento de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, a cooperar en la ejecución de estas medidas de conservación.

"Resuelve

"Que las estadísticas de pesca y esfuerzo correspondientes al atún aleta amarilla sean revisadas después del final del año 1961 tan pronto como sea práctico y, si hubiera alguna diferencia considerable con los valores predichos, las anteriores recomendaciones serán revisadas, si se necesitara, y las Altas Partes Contratantes serán advertidas al respecto por esta Comisión".

3) A solicitud de un representante del Departamento de Estado de los Estados Unidos, se consideró si el personal científico debería llevar a cabo la tarea de la rápida recolección de las estadísticas de captura, incluyendo tanto los desembarques como las capturas de los barcos con permiso para pescar atún aleta amarilla que todavía no habían regresado a puerto, que necesitarían los Gobiernos Miembros para anticipar cuándo iba a ser completada la cuota de atún aleta amarilla durante la temporada de pesca, para que la clausura de la estación pudiera ser anunciada con anticipación; se acordó que el personal científico debería llevar a cabo esta tarea adicional de recolectar las estadísticas necesarias para ayudar a los Gobiernos a fijar las fechas de clausura de la pesca del atún aleta amarilla, *siempre que se proveyeran fondos adicionales para este propósito;* se instruyó al Director de Investigaciones para que avisara al Sr. Herrington del Departamento de Estado de los Estados Unidos y a los Sres. Delegados sobre la cantidad requerida. (El 18 de septiembre, el Director de Investigaciones avisó al Sr. Herrington y a los Sres. Delegados que los fondos requeridos para este objeto serían de $45,000.00 por año si *no* se iban a incluir las recolecciones de estadísticas de las pescas japonesas, o de $67,000.00 en caso contrario).

4) Se autorizó al Director de Investigaciones para que asista a la reunión de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental como un observador de la Comisión del Atún, y usar su mejor juicio,

como representante de la Comisión, respecto a las propuestas en la reunión; se aceptó la oferta de la Southern California Fish Canners Association de indemnizar a la Comisión por los gastos en que incurra el Dr. Schaefer para asistir a esta reunión.

La rápida evolución de la pesquería de atún del Pacífico Oriental continuó durante 1961, y se espera que exhiba un desarrollo de mayor importancia durante 1962.

El aumento en el esfuerzo de pesca aplicado al atún aleta amarilla durante el año mantuvo la pesca total de esta especie cerca del nivel de producción del año anterior, pero a expensas de una mayor reducción de los stocks, dejándolos en condiciones que no les permiten sostener por más tiempo un rendimiento máximo. En consecuencia, hemos recomendado la reducción de la pesca durante 1962 a un nivel que se considera capaz de reponer la población del atún aleta amarilla que está ligeramente sobrepescada. Aún sin esta restricción, y a pesar de un mayor aumento de las flotas pesqueras de atún, creemos que la captura total de atún aleta amarilla disminuirá, y también que la explotación irrestricta dará como resultado una mayor disminución en la abundancia de esta especie. Esta situación necesitará el cuidadoso control del personal de investigaciones.

Con la declinación de los stocks de atún aleta amarilla, las flotas pesqueras están dando mayor atención a la pesca de barrilete, que puede mantener una producción mucho mayor nunca lograda hasta ahora. Sin embargo, el rápido crecimiento de la pesquería indica que es aconsejable aumentar la investigación hacia un mejor conocimiento de la biología, ecología y dinámica de las poblaciones de barrilete, en previsión del día en que también puedan ser requeridas medidas de conservación para esta especie. Por supuesto, no podemos prever cuál puede ser el rendimiento máximo sostenible del barrilete, pero podemos estar seguros de que éste existe y de que conforme lo vamos alcanzando necesitaremos mayor información científica para cumplir con nuestra responsabilidad ante la Convención.

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Juan L. de Obarrio, Presidente	J. Laurence McHugh
Harmodio Arias Jr.	Virgilio Aguiluz
Roberto Novey	Fernando Flores
Eugene D. Bennett	Victor Nigro
Robert L. Jones	José L. Cardona-Cooper, Secretario

APPENDIX A

REPORT ON THE INVESTIGATIONS OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION FOR THE YEAR 1961

by

Milner B. Schaefer, Director of Investigations

The Inter-American Tropical Tuna Commission is authorized and directed by the Convention to carry out a broad program of scientific research in order to provide the information required to maintain the stocks of tunas and tuna baitfishes at levels which will permit maximum sustainable harvests year after year, and to provide the factual basis for recommendations to the Member Governments for joint action, as required, properly to manage the fisheries to that end. These investigations are conducted by an independent, internationally recruited, scientific staff, employed directly by the Commission. Researches are conducted along a number of different lines, directed toward obtaining a comprehensive understanding of the population structure, biology, ecology, life history, and population dynamics of the tropical tunas, and of the principal baitfish species, being particularly concerned with obtaining an adequate understanding of the effects of fishing and of fishery-independent factors on their abundance, vital statistics, and the harvests which they can sustain.

The headquarters laboratory is located at the Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California. Laboratories and field stations are also being operated in San Pedro, California and in Costa Rica, Panama, Ecuador, and Peru. Research at our various laboratories is coordinated with related work of other governmental, international, and university research groups studying the oceanography and marine resources of the Eastern Pacific Ocean, and a good share of our research is conducted on a basis of intimate cooperation with such other institutions.

The research program, which is now in its eleventh year, has been most strongly directed toward the yellowfin tuna, because it early became evident that this species would be the first to require conservation measures. Skipjack, which were, and are, being exploited less intensively, have been studied at the same time, but with lower priority, since man power and facilities have been inadequate to study both tuna species as extensively as might be wished. With the attainment of full utilization of yellowfin tuna, which has now been reached, the exploitation of skipjack is expected rapidly to increase, which will demand increased research effort on the latter species.

Research on baitfishes has been much curtailed during the past year, since the shift of fishing from bait-fishing to purse-seining has made the results of such studies less urgent than formerly, and a curtailment of research was necessitated by failure of the Member Governments to appro-

priate funds for the full research program recommended by the Commission. At the same time, it has been necessary, due to lack of funds, to limit research on the population structure of tunas and on their ecology in relation to their oceanic environment to less than that anticipated.

Despite the enforced reduction of the research program below that recommended, good progress has been made along important lines. There are, however, developing serious deficiencies, especially in costly work at sea, which will need to be rectified if the Commission is to continue to be able to discharge its duties adequately.

There follows a brief description of the research activities during the year, prepared with the collaboration of the members of the scientific staff:

1. Compilation of statistics of total catch, amount and success of fishing, and abundance of the fish populations

A central task of the staff, providing basic data fundamental to much of our research on the dynamics and ecology of the tuna stocks, is the continuing collection of landing statistics, logbook records, and related data, required to measure the annual harvests of the fish populations, their apparent abundance, and the amount of fishing effort to which they are subjected, and to assess changes in the geographical distribution of the commercial stocks in relation to environmental changes.

We collect essentially complete statistics of total catch of each tropical tuna species in the Eastern Pacific, by vessels of all nations fishing there, and detailed information on catch and effort, by time and area strata, from logbook records, and related information, for a very large share of the fishing fleets. Similar data are obtained for the catches of baitfish species by the major part of the clipper fleet. Analysis of these data makes it possible to assess the effects of fishing on the fish populations, and to keep the Commission informed as to the current condition of the populations, and the amount of fishing effort to which each is being subjected, in relation to the condition corresponding to maximum average sustainable yield. Information on changes in apparent abundance, by areas and seasons, together with correlative information on changes in oceanic environmental factors, is also essential for understanding fishery-independent changes in abundance, availability to capture, and catch.

Statistics of total catch of tunas

Methods of collection and compilation of statistics of total tuna catches, by species, have been previously described. These data are obtained not only from member nations, but from all countries whose vessels fish in the Eastern Tropical Pacific Ocean. The resulting data are essentially complete, although there are lacking records of some very small amounts of tuna caught and consumed locally in some localities in Latin America, and the data respecting catches landed in Japan (received from the Japanese Fishery Agency) are not very complete. Lack of completeness of these data have been, we believe, a negligible source of error in past years, but with increasing participation of Japanese vessels in the fishery for yellow-

Table 1. Catch of Yellowfin and Skipjack Tuna From the Eastern Pacific Ocean. 1940-1961

in millions of pounds.

	Landed in or transshipped frozen to United States*				Total Catch, Eastern Pacific				
Year	Yellowfin	Skipjack	Not identified by species	Total	Yellowfin	Skipjack	Not identified by species	Total	% Yellowfin
1940	113.9	56.6	....	170.5	114.6	57.6	....	172.2	67
1941	76.7	25.6	....	102.3	76.8	25.8	....	102.6	75
1942	41.5	38.7	....	80.2	42.0	39.0	....	81.0	52
1943	49.3	28.9	....	78.2	50.1	29.4	....	79.5	63
1944	63.1	30.0	1.1	94.3	64.1	31.2	1.1	96.4	66
1945	87.3	33.3	....	120.6	89.2	34.0	....	123.2	72
1946	128.4	41.5	....	169.9	129.7	42.5	....	172.2	75
1947	154.8	52.9	....	207.8	160.1	53.5	....	213.6	75
1948	199.8	60.9	0.2	260.9	200.3	61.5	7.3	269.1	76
1949	191.7	80.6	1.2	273.5	192.5	81.0	9.2	282.7	70
1950	204.7	126.8	....	331.5	224.8	129.3	....	354.1	63
1951	181.8	118.3	3.7	303.9	183.7	121.1	3.7	308.5	60
1952	191.3	89.2	2.8	283.3	192.2	90.8	4.5	287.5	68
1953	138.3	133.6	....	271.9	138.9	133.7	1.6	274.2	51
1954	135.0	172.2	0.1	307.3	138.6	173.7	1.5	313.8	44
1955	135.4	127.1	....	262.5	140.9	128.0	....	268.9	52
1956	169.0	148.5	....	317.5	177.0	150.3	....	327.3	54
1957	152.5	126.9	....	279.4	161.9	128.3	1.3	291.5	56
1958	141.9	158.3	....	300.2	149.9	164.9	0.4	315.2	48
1959	131.3	165.0	....	296.3	145.4	177.6	....	323.0	45
1960	225.7	92.6	....	318.3	234.2	110.5	0.7	345.4	68
1961 (1)	225.9	118.7	....	344.6	234.5	139.4	....	373.9	63

* Including Puerto Rico
(1) Preliminary

fin tuna in the area of our concern, it is important that such data be greatly improved.

In Table 1 are shown, for the years since 1940, the amounts of each tropical tuna species landed in, or transshipped frozen to, the United States, and the total landings, from all sources, of these species taken from the Eastern Pacific. For 1961, the data are essentially complete, although there may be minor corrections upon final checking of the basic data.

The total landings of yellowfin during 1961 were nearly 235 million pounds, which is only slightly above the harvest taken during 1960, and is quite close to the forecast of 240 million pounds made by the staff at the time of the Special Meeting of the Commission in September. It thus appears that there has been no appreciable increase in total catch despite a considerable increase in fishing effort, as will be shown below. There was, however, a marked change in the areal distribution of catches from 1960 to 1961; the catch from the region north of 15°N showing a very marked decrease, and the catches from off Central America showing a corresponding increase. This shift of origin of landings is probably attributable to two factors: (1) Decreased abundance of yellowfin in the northern region, due to very intensive fishing there during 1960, and a consequent southerly shift of fishing effort. (2) Continuation of the oceanic temperature regime at below-average values, which results in an increased concentration of yellowfin near the middle of their range. It is, however, to be noted that, as will be shown below, the abundance of yellowfin, as measured by the catch-per-day's-fishing of seiners was markedly lower in *both* regions during 1961 than 1960. There can, thus, be little doubt that there has been a progressive reduction in the yellowfin stocks with increased fishing effort during 1961, and that this is the major factor limiting the total catch despite increased fishing effort.

It is to be noted that the *landings* of tuna are an underestimate of the actual *catch*, because some fish are lost after capture. This loss occurs due to the occasional breaking of the seine nets, and to some discarding of fish below the minimum legal size in the State of California, by both baitboats and seiners. Since the seiner share of the catch has increased greatly during the last three years, as shown in Table 3, the recent years' statistics in Table 1 are progressive underestimates of the actual catch.

With the shift of much of the fishing fleet to purse-seining, landings of skipjack decreased markedly in 1960. During 1961, however, there has been a considerable recovery of the landings of this species, attributable to several factors: (1) The average apparent abundance of skipjack (measured by baitboats) was somewhat increased. (2) With decreasing abundance of yellowfin, seiners turned more attention toward catching of skipjack, with some success in areas from Central America southward, although with little success in the northern regions. (3) There has been an increase in fishing effort by local vessels off northern South America.

It is expected that during 1962, the point of maximum sustainable

yield having been exceeded for yellowfin during 1961, there will be a substantial decrease in yellowfin catches, despite a further increase in effort (unless the catch and effort are limited by regulations as has been recommended by the Commission). Fisherman will be forced to put more attention to catching skipjack, which are, as yet, much underfished, in consequence of which the landings of that species are expected to show a substantial increase during the next year.

Table 2. Number of baitboat and purse-seiners based in U. S. ports (including Puerto Rico).

Size class	Capacity tons	1956	1957	1958	1959	1960	1961
				BAITBOATS			
1	Under 51	12	11	12	13	10	11
2	51-100	11	11	8	8	7	4
3	101-200	43	43	35	30	22	17
4	201-300	66	60	57	46	11	1
5	301-400	32	35	36	33	17	11
6	401 and over	11	10	11	10	3	0
		175	170	159	140	70	44
				PURSE-SEINERS			
1	Under 51	0	0	0	1	1	0
2	51-100	12	9	8	5	4	3
3	101-200	50	39	34	39	43	48
4	201-300	2	2	2	6	23	34
5	301-400	0	0	0	2	12	22
6	401 and over	0	0	0	0	0	7
		64	50	44	53	83	114
	Total fleet	239	220	203	193	153	158

Changes in the fishing fleets

The trend toward dominance of purse-seine fishing, in place of bait fishing, by vessels based in the United States continued during 1961. Table 2 summarizes the changes in the composition of the clipper and seine fleets from 1956 to 1961. In addition to the vessels shown in this table, operating from U. S. ports, there were 17 long-range clippers and 8 long-range seiners fishing for tropical tunas from ports in Latin America during 1961. Several of the vessels listed as baitboats during 1961 have subsequently been converted to purse-seine fishing; at the end of 1961 there were only 33 vessels in the regular baitboat fleet operating from California ports.

The increased dominance of purse seining is also reflected in Table 3, where we show the share of the landings by vessels based in California, of each tuna species, made by clippers. The baitboat share of the yellowfin catch continued to drop with the conversion of more vessels to purse seining. An even greater drop occurred in the baitboat share of the skipjack catch, reflecting both the conversions and an increasing exploitation of skipjack by seiners accompanying the decline in success of yellowfin fishing.

The total fish carrying capacity of the long-range vessels rose to 38,000 tons by the end of 1961, as the entry of three new large vessels

(two converted military craft and one newly constructed vessel) more than offset the sinking of four vessels and the inactivation of several others. Three vessels, formerly operating in the Eastern Pacific, continued to operate in the Atlantic off the West Coast of Africa, but their success has not been so marked as to lead us to believe that there will be any great rush of additional vessels to that area. Since there are several additional large seiners under construction, it appears that there will be a further increase in the total fishing potential, despite the probable inactivation of additional smaller vessels based in the United States, the operation of which will become uneconomic.

Table 3. Percentage, by species, of landings of California-based vessels that was caught by clippers.

Year	Yellowfin	Skipjack
1948	81.9	92.3
1949	86.6	94.1
1950	80.6	89.6
1951	90.8	88.7
1952	82.8	87.2
1953	73.1	90.8
1954	85.9	87.8
1955	77.8	88.8
1956	72.9	95.3
1957	76.5	93.5
1958	66.4	92.5
1959	49.5	87.8
1960	22.9	74.7
1961	12.6	30.0

In addition to the foregoing, there appears to be a trend toward some increase of effort by small vessels operating from ports in Latin America. There also seems to be a rather sizable increase in the fishery in the Eastern Pacific by longline vessels based in Japan, although, unfortunately, we have been yet unable to obtain precise information on this.

1961 bait statistics

The number of baitboats operating from U. S. West Coast ports was reduced considerably during 1961 because of the continued conversion to purse-seiners, sinkings, and inactivation of some older craft. For the first time in a number of years no baitboats landed fish in Puerto Rico.

In 1961 accurate records of the amounts of each kind of baitfish taken and the locality of capture were kept by those vessels which landed 98 per cent of the tropical tunas taken by baitboats based in the United States. The amount of bait used to capture the remaining two per cent of the tonnage has been estimated by assuming that the ratio of the amount of each kind of bait used to the quantity of tuna captured is the same as the ratio for the tonnage for which we obtained logbook data. Combining the estimated and recorded catches provides the estimated total catch of the entire U. S. fleet.

The estimated quantities of each kind of bait captured in 1961 are given in Table 4, with comparative data for the years 1956-1960. Figure 1 shows graphically the catch of bait, by kinds, for every year since 1946.

Table 4. Estimated amounts* and percentages of kinds of baitfishes taken from 1956 to 1961 by clippers**

	1956		1957		1958		1959		1960		1961	
	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent
Anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)*	1667	45.6	2070	55.8	1515	34.0	649	21.8	416	34.9	211	32.5
California sardine *(Sardinops caerulea)*	362	9.9	290	7.8	601	13.5	290	9.7	110	9.2	106	16.3
Southern sardine *(Sardinops sagax)*	152	4.2	38	1.0	141	3.2	110	3.7	82	6.9	8	1.2
Northern anchovy *(Engraulis mordax)*	594	16.2	547	14.8	736	16.5	190	6.4	212	17.8	179	27.5
Southern anchovy *(Engraulis ringens)*	355	9.7	410	11.1	1169	26.3	1484	49.8	214	17.9	88	13.5
California sardine and Northern anchovy mixed and not separately identified	38	1.0	30	0.8	57	1.3	30	1.0	6	0.5	2	0.3
Herring *(Opisthonema, Harengula)*	363	10.1	193	5.2	102	2.3	75	2.5	64	5.4	26	4.0
Salima *(Xenocys jessiae)*	27	0.7	17	0.5	16	0.4	24	0.8	15	1.2	14	2.2
Miscellaneous and unidentified	95	2.6	112	3.0	110	2.5	128	4.3	74	6.2	16	2.5
Totals	3653		3707		4447		2980		1193		650	

*In thousands of scoops

**Vessels based in U. S. West Coast and Puerto Rico ports for years 1956-1960 and U. S. West Coast ports for 1961.

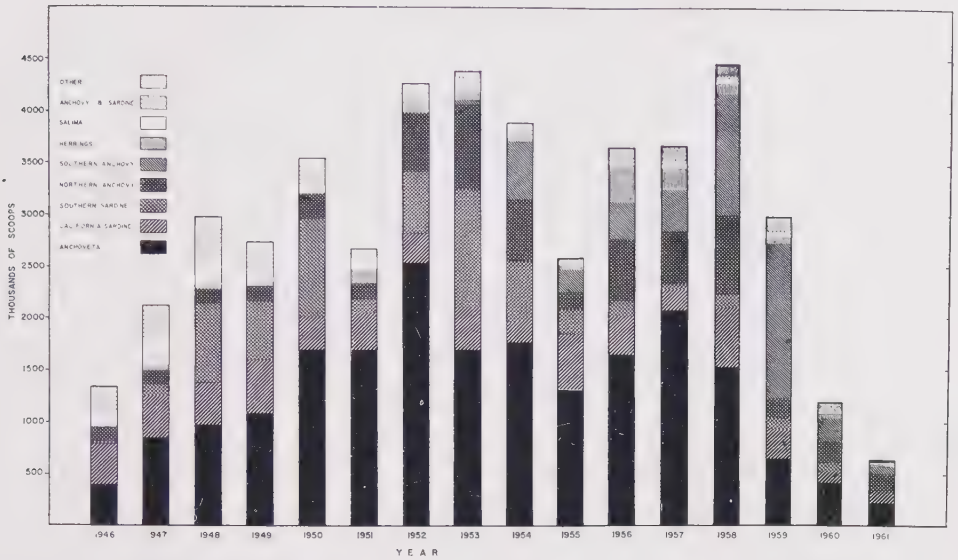

FIGURE 1. Estimated total catch of baitfishes, by kind, by United States tuna vessels, 1946-1961.

These statistics do not include bait taken by vessels operating out of Latin American ports, nor do they include the catches of a few very small California vessels which occasionally fish for tropical tunas. It is estimated that baitboats fishing out of Latin American ports, in 1961, captured in the neighborhood of 375,000 scoops of bait.

The reduction in the number of active vessels resulted in the smallest catch of bait for the post-war period. The total quantity of bait used by U. S. vessels in 1961 was only 650,000 scoops compared with 1,193,000 scoops in 1960, 2,980,000 in 1959 and 4,447,000 in 1958. The sharp decline in the amount of bait used during the past four years, concomitant with the conversion of a major portion of the baitboat fleet to purse-seiners, is evident.

The anchoveta was the most important bait species used in 1961, comprising 32.5 per cent of the total bait catch. The northern anchovy and California sardine comprised 27.5 per cent and 16.3 per cent of the total bait catch, respectively, both considerably higher, on a relative basis, than 1960. This is a reflection of the composition of the remaining elements of the clipper fleet, which are, for the most part, small vessels under 150 tons capacity which fish north of the Gulf of Tehuantepec.

In the Gulf of Panama, where the anchoveta population is supporting two fisheries, bait and reduction, the abundance of the anchoveta population as measured by the catch-per-day's-fishing of tuna boats remained high. The apparent abundance was 680 scoops-per-day's-fishing, slightly higher than 1960, and close to the average value of previous years, indicating that the combined fisheries have not appreciably affected the stock.

Measurement of changes in tuna abundance

There was established by the Commission's staff, during 1951 and

1952, a detailed logbook system to monitor the current activities of the tuna fleets. Since that time we have obtained detailed information for nearly all the vessels in the fleets operating from U. S. ports (including Puerto Rico) and from bases in Mexico, Costa Rica, Colombia, Ecuador, and Peru. The fishing information contained in these logbook records provides the basis for our estimation each year of the apparent abundance of yellowfin and skipjack tunas, measured by the catch-per-day's-fishing of the fishing vessels.

The average catch-per-day's-fishing for yellowfin and skipjack is computed separately for several different vessel size classes, for each type of fishing gear. By the application of efficiency factors, based on comparison of catches of vessels of different size classes fishing together at the same times and areas, it is possible to combine the data for different size classes of vessels, for each type of gear separately, to arrive at a single estimator for each type of gear, based on a size class taken arbitrarily as a "standard", which is comparable from year to year.

The catch-per-day's-fishing measures the abundance of each tuna species as seen by the fishermen. This is affected both by the true abundance of the fish in the area, and by year-to-year variations in their availability to capture. The latter average out, however, over a series of years, so that trends in apparent abundance reflect trends in true abundance.

Recent changes in catch-per-day's-fishing

In Table 5 are shown the values of catch-per-day's-fishing for the last three years, for both purse-seiners and baitboats, by vessel size classes, for the fleets based in U. S. ports, including Puerto Rico. The standardized averages are also shown, except for seiners for 1961, for which efficienccy factors are not yet available.

Table 5. Catch-per-day's-fishing, by gear, species, and vessel size-class, 1959-1961 (U. S. vessels only).

	Yellowfin			Skipjack		
Class	**1959**	**1960**	**1961**	**1959**	**1960**	**1961**
BAITBOATS						
1	1439	2160	789	2171	1270	2310
2	1786	3223	2437	2045	2293	2359
3	4516	6595	4379	3077	3108	3637
4	5746	5950	—	7732	4951	—
5	5236	8686	10746	15749	9136	8696
6	7012	6588	—	24001	10716	—
Standardized average (Class 4)	5220	6892	7065	9220	6097	5919
PURSE-SEINERS						
1	—	—	—	—	—	—
2	9424	6752	4355	2004	468	50
3	14085	14649	10032	2635	1361	1250
4	20507	21589	14315	4069	1414	3601
5	21737	26926	15903	3258	1373	7282
6	—	—	11560	—	—	10920
Standardized average (Class 3)	14680	16031	*	2736	1156	*

* Efficiency factors not yet available.

During 1961, the numbers of baitboats remaining in the fleet, especially the large size classes, are too few to provide a reliable estimation of apparent abundance throughout the range of the fishery. The data of the three smaller size classes, however, are useful for indicating abundance in the northerly regions where they operate. These data indicate a substantial decline in apparent abundance of yellowfin, which agrees with the data from smaller seiners which fish in the same region. Catch-per-day's-fishing of skipjack by these smaller baitboats, however, increased somewhat over the previous two years.

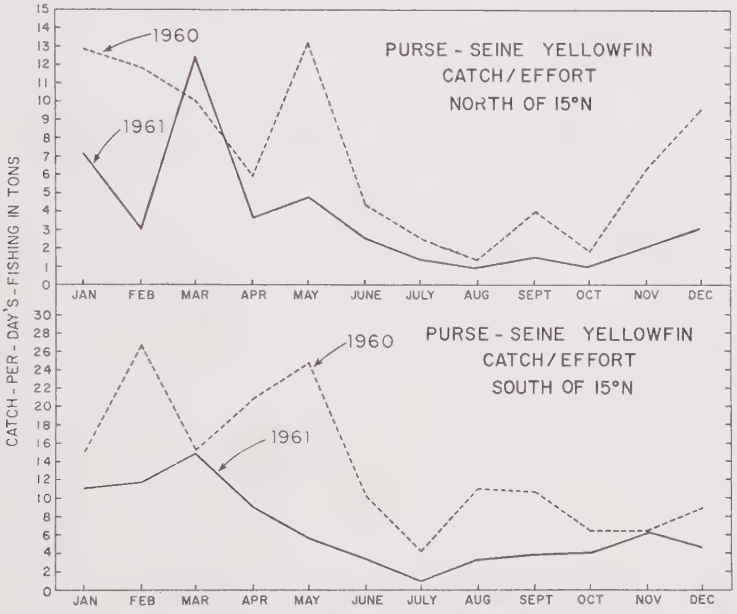

FIGURE 2. Catch-per-day's-fishing by purse seiners, standarized to Class 3, by fishing zones, 1960 and 1961.

Catch-per-day's-fishing by all classes of seiners indicates a marked decrease in the abundance of yellowfin tuna. The decline in apparent abundance of yellowfin, as encountered by the seiners, occcurred generally throughout the year, and in regions both north and south of 15°N (which, as noted elsewhere, may approximately coincide with the location of a subdivision of the Eastern Pacific yellowfin population into two partially independent components). This is further illustrated in Figure 2, where we show for 1960 and 1961 monthly values of catch-per-day's-fishing (using the 1960 efficiency factors to standardize both series to Class 3), for the regions north and south of 15°N.

Catch-per-day's-fishing of skipjack by seiners is not believed to be a useful measure of skipjack abundance, since it is evident, in recent years at least, that the larger vessels of this type fish preferentially for yellowfin, avoiding skipjack if yellowfin are sufficiently abundant. Increased catches of skipjack by larger seiners in 1961 is believed to reflect the greater attention to catching this species by seiners, resulting from the decline in yellowfin abundance.

Long-term series of measures of abundance

Although we have, in the past, computed indices of catch-per-day's-fishing for both baitboats and seiners, only the baitboat data were used for the long-term series of estimates of abundance, for several reasons:

1. The major share of the catch of both tuna species was made each year by the baitboats during the period 1934-1959.
2. Baitboats fished, in general, over the entire range of the fishery, during all months of the year, while the seiners' activities were more restricted both in space and time.
3. There has been no substantial change in bait-fishing methods over these years, thus the success of fishing provides comparable estimates of apparent abundance from year to year.
4. In general, there was less random variability in the baitboat than in the purse-seine measure of apparent abundance.

With the conversion of many vessels from bait to purse-seine fishing, the number of baitboats, and their share of the catch, dropped rapidly during 1959-1961, so that by the last year the seiners have become the overwhelmingly dominant element of the fleet. It, therefore, became imperative to arrive, if possible, at indices of abundance, employing the seiner data, which are comparable with the baitboat series of past years. This was particularly critical for yellowfin tuna, since our continuing studies of their population dynamics depend, in large part, on this statistical series.

During 1961, we have, therefore, devoted intensive efforts to the development of a suitable method for the estimation of an index of apparent abundance, comparable to the baitboat measure of apparent abundance, for yellowfin tuna, employing the data on success of fishing by the modernized purse-seine vessels. This study was based on comparison of catches of the two types of gear, by time and area strata, during 1959 and 1960, when both types were operating together in adequate numbers throughout the range of the fishery. Results of the study are being published in detail in our *Bulletin* series, and will be only briefly summarized here.

The average catch-per-day's-fishing of seiners (standardized to Class 3) and the average catch-per-day's-fishing of baitboats (standardized to Class 4) were computed for each month for five-degree areas in which both kinds of gear fished together, and the five-degree values were averaged for each of three major divisions of the Eastern Pacific. The resulting comparative values, for individual month-division strata, are plotted in Figure 3, from which it may be seen that, although there is a fairly large scatter, there is a significant relation between the two variables, which is linear in the logarithms. The solid line, for which the formula is also shown, is the line of estimated mean values of baitboat catch-per-day's-fishing from seiner catch-per-day's-fishing. Ninety-five per cent confidence limits on the means are shown by the two dashed lines. It is indicated that, as the abundance of yellowfin increases, the catch-per-day's-fishing of seiners increases much more rapidly than that of baitboats, and the average relationship is

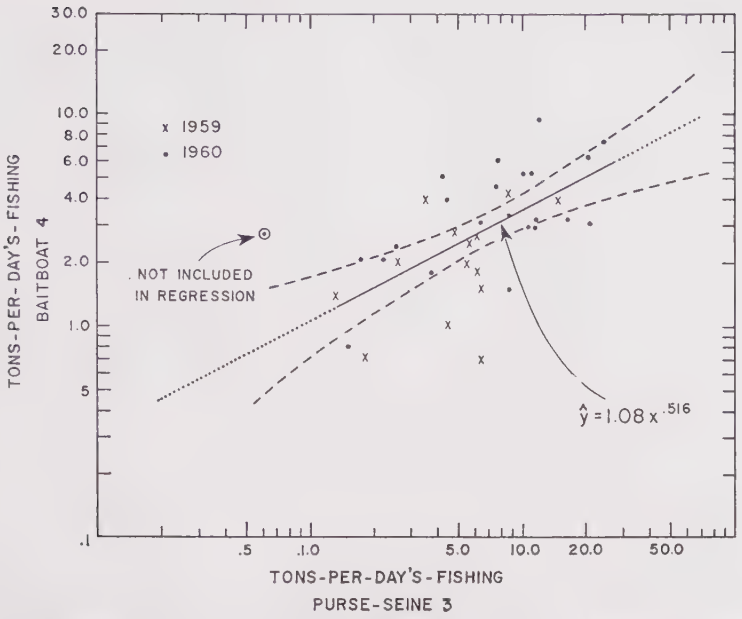

FIGURE 3. Relationship between standardized average catch-per-day's-fishing of baitboats and seiners, by month-division strata, during 1959 and 1960.

expressed by $Y = 1.08\ X^{0.516}$, which may be used to estimate yellowfin abundance in baitboat units (Y), given estimates of abundance in seiner units (X) for month-division strata. This may, of course, be combined with the baitboat estimate. We are, thus, able to compute for a given year four measures of apparent abundance of yellowfin tuna:

1. Baitboat catch-per-day's-fishing expressed in Class 4 baitboat units.
2. Purse-seine catch-per-day's-fishing expressed in Class 3 purse-seine units.
3. Purse-seine catch-per-day's-fishing expressed in Class 4 baitboat units.
4. The combination of estimates 1 and 3, weighted by effort, to give an estimate in Class 4 baitboat units, using the data from both types of gear combined.

For details of these calculations the reader is referred to the *Bulletin* on this study now in press.

A comparison of the calculation of apparent abundance by the four methods, for the years 1959 and 1960, is given in the following table.

Year	Catch-per-day's-fishing, in pounds (from logbook data)			
	Method 1	Method 2	Method 3	Method 4
1959	4,982	13,951	6,185	5,525
1960	7,640	15,983	6,616	6,817

The results obtained are most encouraging, since differences among comparable estimates obtained by Methods 1, 3 and 4, for both years, are minor and well within the range of the quasi-random variability of the long-term baitboat index.

Unfortunately, it has not been possible to apply the same techniques for the continuation of the long-term index of apparent abundance of skipjack, because the purse-seine vessels have been selectively fishing for yellowfin tuna. We must, therefore, be content with the baitboat series alone for that species, at least until such time as can be calculated estimates for seiners not influenced by yellowfin abundance. It is highly possible that it will *not* be possible to derive an index for skipjack in the future comparable with the older baitboat series.

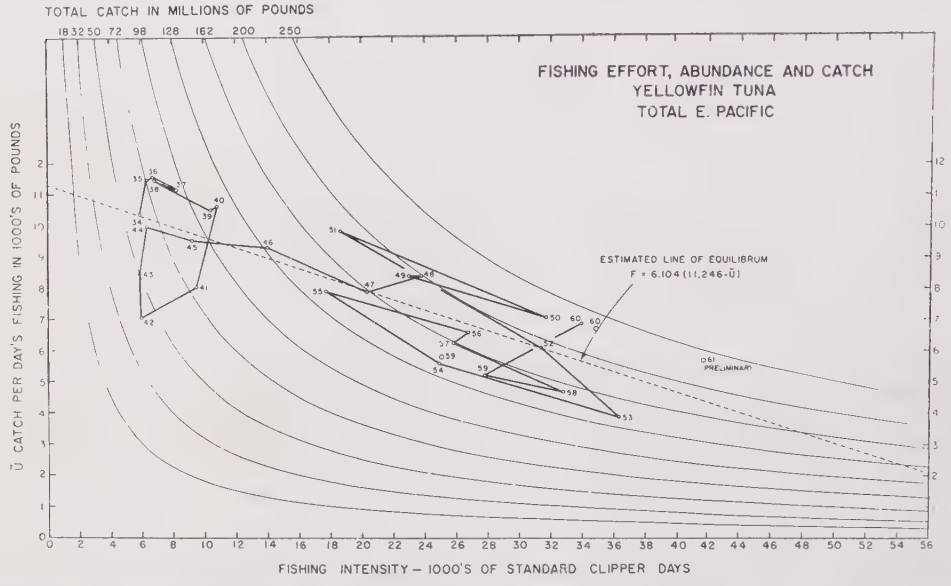
TOTAL CATCH IN MILLIONS OF POUNDS
18 32 50 72 98 128 162 200 250
FISHING EFFORT, ABUNDANCE AND CATCH
YELLOWFIN TUNA
TOTAL E. PACIFIC
ESTIMATED LINE OF EQUILIBRUM
F = 6.104 (11,246-Ū)
Ū CATCH PER DAY'S FISHING IN 1000'S OF POUNDS
FISHING INTENSITY — 1000'S OF STANDARD CLIPPER DAYS

FIGURE 4. Relationship among fishing effort, apparent abundance, and total catch for yellowfin tuna in the Eastern Pacific Ocean, 1934-1961. (Points connected by solid lines based on abundance measured by baitboats only. Isolated points for 1959-1961 based on abundance measured by the data from baitboats and seiners combined).

2. Present status of the tuna populations

Yellowfin tuna

In Figure 4 we show, as in previous years, the statistics of total catch, apparent abundance, and total effort for the aggregate yellowfin tuna population of the Eastern Tropical Pacific. On this graph are shown (as ordinates) the standardized catch-per-day's-fishing by baitboats and (as abscissae) the total fishing effort in standard baitboat units, for each year 1934-1960. Also shown are the catch-per-day's-fishing, in baitboat units, for 1959, 1960 and 1961, calculated from the *combined* data of baitboats and seiners, as indicated above, and the corresponding total fishing effort in baitboat units. The total effort, and total catch, are, of course, based on the total landings from all sources in both cases. Lines of equal total catch (the product of effort and catch-per-effort) are shown by hyperbolae on the graph.

The broken line on this graph shows the average relationship among fishing effort, catch-per-effort, and total catch, derived from the data through 1955, as described in earlier annual reports and *Bulletins*. It may

be seen that the actual points continue to fall according to expectations. The 1961 point is a "preliminary" estimate since, as noted above, the data on total catch are not yet final, and the data are not yet all in hand for the final standardization of the seiner apparent-abundance estimate. The final value will, however, fall quite close to this "preliminary" estimate.

It was pointed out in the last annual report that during 1960, the level of fishing effort had reached the value corresponding to maximum average sustainable yield of yellowfin tuna (about 195 million pounds at about 35,000 standard day's fishing), and that further increase in effort and catch would be expected to reduce the population to a level below that at which maximum continuing harvests could be sustained. At that time it appeared possible that, due to economic and other factors, and development of new Atlantic fisheries, the fishery might stabilize naturally near the condition of maximum sustainable yield. Subsequent developments indicated, however, that this was not to be the case, and an analysis of the data through mid-year of 1961 led to our forecast that the catch for the full year would be about 240 million pounds, with the effort going above the desired level. The Commission, therefore, after considering this and other evidence in detail, recommended curtailment of the fishery commencing in 1962, to rebuild the slightly over-fished yellowfin population, and to bring it to the condition of sustainable maximum average yield.

As we have observed earlier, it is apparent that the intensity of the unregulated fishery will further increase during 1962. This will result in a further decline in the abundance of yellowfin tuna. At current levels of population abundance, it is not expected that the catch can reach the levels of 1960 or 1961, even with the expected further increase in effort.

We believe that there can be little doubt that the yellowfin tuna population has now been reduced to a level below that corresponding to maximum sustainable yield, and that further increase in fishing effort will result in an even lower average catch. The rapidity with which the total sustainable catch may decrease with increased effort is, however, open to question. According to one mathematical model (corresponding to the broken line in Figure 4, labelled "estimated line of equilibrium"), which implicitly assumes density dependence of recruitment, the sustainable catch would fall much more rapidly than under the assumption of an alternative model where recruitment is density independent. This was discussed in greater detail in the Annual Report for 1960, to which interested readers are referred. Should the Governments decide to defer regulations on fishing for yellowfin tuna, the data of the next year or two will, therefore, be of considerable theoretical interest.

Data from tagging experiments, size-composition studies, and other lines of investigation indicate that the zones north of about 15°N and south of that latitude may be inhabited by at least partially independent yellowfin sub-populations, which somewhat intermix, however, in a broad area near the Gulf of Tehuantepec. Whether they interbreed is however yet an open question. We have made some preliminary analyses of the catch and

effort data from the two regions separately; such data are available only since 1946, and are not very reliable until after 1950. The preliminary analysis indicates that, if we are dealing with separate populations, that of the northern zone probably has a maximum sustainable yield of about 86 million pounds, while that of the southern zone probably has a maximum sustainable yield of about 108 million pounds. However, the catch-per-day's-fishing in the southern zone drops off more rapidly with increasing effort, and the maximum yield corresponds to a higher value of catch-per-day's-fishing than in the northern zone. Since these differences in the dynamics of the components correspond to the economic fact that a vessel sailing from Southern California (where most of the fleet is now based) requires a higher catch-per-day's-fishing in the southern zone to make it worthwhile to go there, there seems to be a good possibility that the two components will tend to be exploited in roughly the same degree relative to the maximum sustainable yield. On the other hand, seiners seem to have much more success at catching skipjack in the southern zone, which could lead to it being economical to subject the yellowfin of that zone to a greater degree of overfishing. Thus, although the limited available facts would indicate that, initially, regulation of yellowfin tuna fishing should be for the entire tuna population, it may later prove necessary to manage the two zones separately. To provide a proper basis for doing this, however, will require more detailed insight into the dynamics of the two sub-populations, if, indeed, they are discrete entities. This, in turn, must depend on a clearer knowledge of the population structure and migratory behavior of these components.

Skipjack

There is shown in Figure 5 the historical series of measurements of total catch, apparent abundance, and fishing effort for skipjack through 1960, with preliminary values for 1961. The catch-per-day's-fishing of this series is based on baitboat Classes 1 through 4 only, standardized to Class 3, as in the past. As noted above, the baitboat data for 1961 are too scanty to provide a very reliable estimate of skipjack abundance, but, since we have no means of using seiner data for this series, we are forced to employ them. It is indicated by these data that the apparent abundance of skipjack during 1961 was slightly higher than the previous year, being near the long-term average. With some increase in total fishing effort, the catch rose notably above the previous year, and reached the fifth highest value on record.

We point out again, as we have in the past, that there is no measurable relation between fishing effort and apparent abundance of skipjack. At current levels of fishing effort and catch this species remains underutilized, and can support larger harvests. These will probably be realized during 1962 and subsequently.

3. Other studies of tuna catch statistics

Data obtained from the logbook of fishing vessels, and related information, are also used to study changes in the geographical and temporal

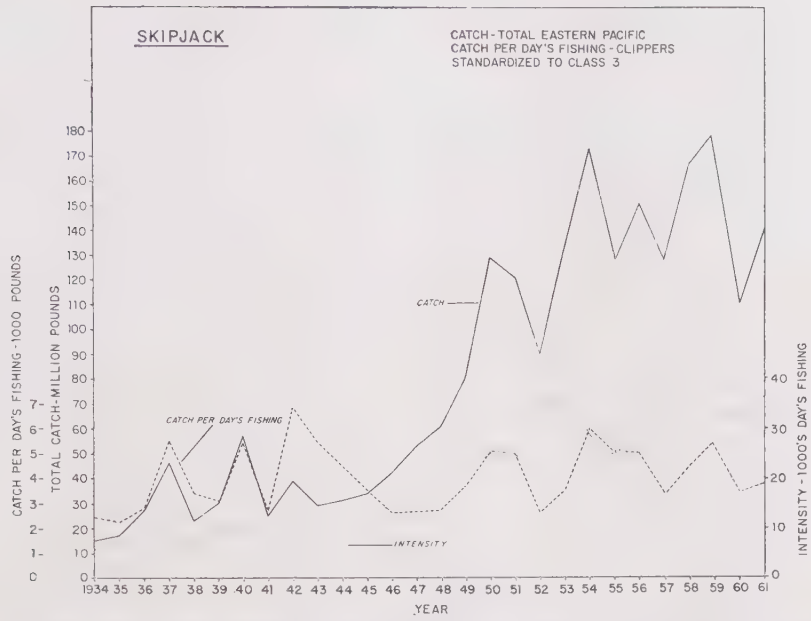
SKIPJACK
CATCH - TOTAL EASTERN PACIFIC
CATCH PER DAY'S FISHING - CLIPPERS
STANDARDIZED TO CLASS 3
CATCH PER DAY'S FISHING - 1000 POUNDS
TOTAL CATCH - MILLION POUNDS
INTENSITY - 1000'S DAY'S FISHING
CATCH
CATCH PER DAY'S FISHING
INTENSITY
YEAR
1934 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61

FIGURE 5. Total catch, standardized catch-per-day's-fishing (baitboat index), and calculated fishing intensity, for skipjack in the Eastern Pacific Ocean, 1934-1961 (1961 data preliminary).

distribution of the tunas, the distribution of fishing effort in relation to the distribution of the fish; and some aspects of the schooling behavior of the tunas, and the fleets' operations in relation thereto.

Quarterly and monthly compilations

Data on catch, effort, and catch-per-unit-effort, obtained from about 90 per cent of all trips of both seiners and baitboats, are routinely tabulated by one-degree geographical areas, by quarters of the year, and are published periodically for the use of other scientists and members of the fishing industry.

The original data are filed on punch-cards by month, as well as quarter, and are used for various studies. Tabulations by months, by five-degree geographical areas, have been prepared for publication for the years 1951 through 1960, so that these data may be also made available to fishermen and to other scientists.

Concentration index

During 1961 we have continued detailed analysis of catch and effort data for the purpose of computing an index which measures the degree to which the tuna fleet is able to concentrate its effort in areas of higher than average tuna abundance. This "concentration" index is a ratio of two measures of apparent population density, one of which is weighted by area of fishing, while the other is not. The method of computation of the index has been described in a previous annual report, and in papers in our *Bulletin* series. This index has been calculated, on a quarterly basis, for both yellowfin and skipjack, and for the two species combined, from 1951 through 1960. A detailed analysis, dealing principally with the concentra-

tion index for baitboats from 1951 to 1959 for skipjack, and for the combined species has been completed during the year and was published in our *Bulletin*.

The concentration indices for purse-seiners have also been calculated for the period 1951-1960, and are shown with the baitboat concentration indices in Figure 6.

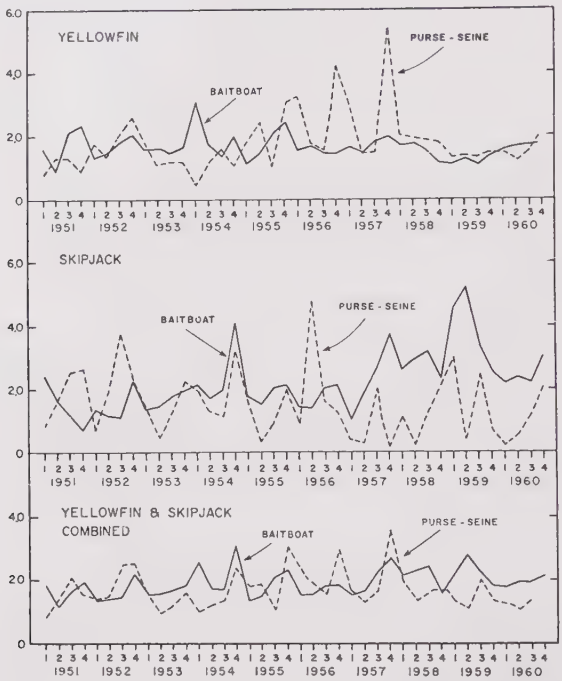

FIGURE 6. Concentration indices, by quarters, 1951-1960.

Before 1958, the yellowfin concentration index for purse-seiners displayed considerably more variation than that of the baitboats. The baitboat concentration index ranged from 0.90 to 3.01 while that of the purse-seiners ranged from 0.46 to 5.40. The coefficient of variation of the baitboat concentration index is 0.227 and that of the purse-seiners is 0.519. In these years, purse-seine effort was generally low in the third and fourth quarters, since most of the seiners then in the fleet operated only in the northern zone, and shifted to other (sardine) fisheries in the latter half of the year. This tended to increase the quarter-to-quarter variability of the concentration index, because it allowed relatively small changes in catch-per-standardized-day's-fishing in a few one-degree areas to cause large variations in the indices of density. The two highest points in the purse-seine concentration index were 4.22 in the fourth quarter of 1956 and 5.40 in the fourth quarter of 1957. In the last quarter of 1956, purse-seiners fished in 37 one-degree areas but 97 per cent of the catch came from two one-degree areas, which contain Socorro and San Benedicto Islands of the Revillagigedo group. In the last quarter of 1957 catch and effort were extremely light. Only 13 one-degree areas were fished and the

same two one-degree areas accounted for 99.8 per cent of the catch. In circumstances such as these, the concentration index has very little statistical reliability.

From 1958 through 1960, the purse-seine concentration index has been much more stable, and remains very close in value to the baitboat concentration index. In 1959 and 1960, due to the conversion of many large baitboats to purse-seiners, the seiner fleet has begun to operate over a wider area and throughout the year. This probably contributes to the stabilization of the concentration index of seiners.

It is difficult to discuss the concentration index of seiners for skipjack, because of the extremely small catch in a large number of quarters. Of the forty quarters in the series, there were twenty-two when the catch was under 1,000 tons and thirteen in which the catch was less than 500 tons. The purse-seine concentration index was less than 1.00 in thirteen quarters. Theoretically this indicates that effort was distributed to one-degree areas less advantageously than if it had been done randomly. This indicates that the seiner fleet, in general, was fishing selectively for yellowfin, the catch of skipjack, in many areas and seasons, at least, being incidental. Total catch figures also indicate this. Over the ten-year period, the purse-seine catch has been approximately 82 per cent yellowfin. Over the same period the baitboat catch was approximately 51 per cent yellowfin.

The concentration index for purse-seiners for yellowfin and skipjack combined is more stable than that of either of the individual species. It ranges in value from a low of 0.81 in the first quarter of 1951 to a high of 3.63 in the last quarter of 1957. The coefficient of variation is 0.357, which is lower than that of either of the individual species, but higher than that of the baitboat index for both species combined.

The relationship between the concentration indices of baitboats and purse-seiners was also examined. The quarterly values of the seiner index were plotted against the corresponding values of the baitboat index, and the correlation coefficient computed. These calculations were carried out for yellowfin, and for yellowfin and skipjack combined, for the 1951-1960 and the 1952-1960 series. None of the correlation coefficients approached significance. The data were then modified, by eliminating all one-degree areas which received less than five logged-day's-effort, in a quarter, and the calculations were repeated. Again none of the correlations approached significance. There does not appear to be, therefore, any consistent relationship between the concentration indices of baitboats and purse-seiners.

Relationship between oceanic climate and distribution of yellowfin and skipjack tuna catches

As reported before, members of our staff, and scientists of associated institutions, have been engaged in studying the relationship between the temperature regime of the sea and the geographical distribution of tuna catches, and have shown a very clear relationship between the two, especially near the northern and southern ends of the range of the tropical

tunas. The results of some of these studies are expected to be ready for publication during the forthcoming year.

During the past two years, our colleagues of the U. S. Bureau of Commercial Fisheries have instituted the compilation and publication on a current basis of monthly charts of sea-surface temperature, using reports from merchant vessels, fishing craft, and selected shore stations, for the entire Eastern Pacific. These charts are yet sketchy in the region south of the equator, due to lack of a merchant vessel reporting system for that area. Such a system has now been established, and the charts are improving each month. These charts, together with our current reports of success of tuna fishing, are proving very useful in observing the relationship between oceanic climate and tuna catches on a nearly current basis. Since there is a large degree of persistence in the climatic changes, that is trends of warming and cooling typically continue for a period of several months, these observed relationships have also some predictive value. Thus, we are able, in a crude way at least, not only to measure some of the "fishery-independent" variation in tuna distribution and abundance, but to some degree to anticipate them.

Analysis of purse-seine catches

A very large share of the masters of purse-seine vessels keeps for us logbook records of each time they set their nets and the resulting catches. Study of such records provides information on the nature of the operations

Table 6. Catch per successful set (tons) by size class of seiner and zone, 1960.

Size class	Yellowfin Sets	Yellowfin Catch/set	Skipjack Sets	Skipjack Catch/set	Caught mixed Sets	Caught mixed Catch/set	Total catch/set combined
North of 15°N							
1	18	6.11	(a)	—	(b)	—	6.74
2	63	11.25	(b)	—	(b)	—	10.89
3	1612	15.35	119	11.72	294	10.47	14.43
4	830	18.20	36	5.42	160	13.74	17.05
5	443	19.39	11	13.54	56	9.98	18.23
6	7	20.87	(a)	—	(a)	—	20.86
Total:	2973	16.62	169	10.46	515	11.42	15.60
South of 15°N							
1	(a)	—	(a)	—	(a)	—	—
2	(a)	—	(a)	—	(a)	—	—
3	170	20.84	7	26.14	8	27.50	21.32
4	543	22.23	83	28.43	72	23.24	23.07
5	530	23.37	13	12.46	50	44.42	24.91
6	9	20.11	(a)	—	(b)	—	19.10
Total:	1252	22.51	103	26.25	131	31.48	23.56
Total both areas							
1	18	6.11	(a)	—	(b)	—	6.74
2	63	11.25	(b)	—	(b)	—	10.89
3	1782	15.88	126	12.52	302	10.92	15.01
4	1373	19.79	119	21.47	232	16.69	19.49
5	973	21.56	24	12.96	106	26.22	21.82
6	16	20.44	(a)	—	(b)	—	19.82
Total:	4225	18.37	272	16.44	646	15.49	17.90

(a) — No sets
(b) — Five or less sets

of this fleet. Since each set is made on a single school of fish, these data also provide information on the schooling habits of the tunas. We are able, for example, to determine what share of the catch comes from pure schools of a single species, and what share from schools containing a mixture of the two species. If it can be assumed that a successful set catches all of a tuna school, or catches, on the average, a constant portion of each school, the data further provide a means of studying the nature of the schooling of the tunas. In the years through 1958, when the purse-seine fleet changed its characteristics and operating methods very little, such an assumption appeared to be at least approximately valid, in consequence of which we have employed for those years in studies published in our *Bulletin*, the catch-per-successful-set as a measure of school size.

With the rapid evolution of the modern seiner, employing larger nets, and changed methods, careful and detailed analysis of the data of individual sets is in order. We are, as noted in last year's report, carrying on such analyses.

Percentage of successful sets

The tuna often escape from the net before it is pursed. When all, or nearly all of the fish thus escape, the set is scored as unsuccessful. We score a "set" as successful only if it catches at least ¼ ton of tuna. The following tabulation shows the numbers of successful and unsuccessful sets, by four regions, during 1960:

Region	Successful sets	Unsuccessful sets	Total sets	Per cent successful
North of 20°N	1,701	1,361	3,062	55.6
15°—20°N	2,069	1,750	3,819	54.2
5°N—15°N	1,049	1,019	2,068	50.7
South of 5°N	108	90	198	54.9
Total	4,927	4,220	9,147	53.9

It may be seen that the percentage of successful sets is similar in all regions, although the value of the region 5°N - 15°N is significantly lower than the others. Percentage of successful sets has not changed much, if at all, from earlier years.

Catch-per-successful set

In Table 6 we have tabulated the recorded number of successful sets, and the average catch thereof, for different size-classes of vessels, for the two zones north and south of 15°N, as well as for the entire fishing region. Several features are revealed by this tabulation.

It is evident that there is, on the average, an increase in catch-per-set with increasing size of vessel, in both zones. This may be due directly to the greater length and depth of the nets employed by the larger vessels, since our survey of gear used by each vessel shows that the net size increases steadily with vessel size class. It may, however, be due to other factors. This requires further study.

There is also, for the same size of vessel, a significant difference in average catch-per-set in the two geographical zones, the catches being

larger in the southern zone. We are examining the nature of the frequency distributions of catches in different areas in order to arrive at a better understanding of these differences.

Assistance of airplanes

During recent years there has been increasing use of land-based aircraft to scout for tuna schools, and, in many instances, to direct the setting of the net around each school. It is of interest, therefore, to examine the effect of this on the resulting catches. Unfortunately, until this year, records were not sufficiently complete with respect to which sets were made with assistance of aircraft. During 1961 we have secured better recording of this in vessel logbooks, and also have obtained logbook records from the airplane pilots. By comparing these records we have been able to identify most of the successful sets made with assistance of aircraft, but we believe that there may still be some omissions from the records where the sets are unsuccessful. For successful sets, there is good correspondence between the amount of fish logged as caught by the vessel master and by the airplane pilot; a comparison of the results of 424 sets logged by both showed a mean of 20.79 tons from the vessel logbooks and a mean of 20.67 tons from the aircraft logs.

Data respecting the share of successful sets, for those with and those without aircraft assistance, have been tabulated for the period January to April 1961, with the following result:

Area	With aircraft		Without aircraft	
	No. sets	Per cent successful	No. sets	Per cent successful
North of 20°N	75	77.3	338	44.4
15°—20°N	324	70.4	1359	50.6
5°—15°N	226	76.1	1175	58.0
Total	625	73.3	2872	52.9

It would appear that there is a marked increase in percentage of successful sets with assistance of aircraft. As noted above, however, we are not entirely certain that some unsuccessful sets directed by aircraft were not logged as being aircraft-assisted.

Examination of the catches made in successful sets logged during January-July 1961, is also revealing, as shown in the following tabulations:

Area	Number of sets		Catch-per-set	
	With aircraft	Without aircraft	With aircraft	Without aircraft
North of 20°N	117	601	18.22	11.95
15°—20°N	292	1066	15.40	13.43
5°—15°N	256	1388	27.00	20.25
South of 5°N	—	17	—	26.03
Total of first 3 areas	665	3055	20.36	16.24

In this tabulation, it is quite certain that all of the sets logged as having aircraft assistance did have such assistance. A few sets logged as without assistance might have actually had such assistance.

It is quite obvious that the aircraft-assisted sets result in larger aver-

age catches. What are the responsible factors, we are not yet sure. Preliminary examination of frequency distributions of sizes of individual catches seems, however, to indicate that the airplane-assisted sets tend to be deficient in small catches. It may be that the aircraft pilots tend to select the larger schools to a greater degree than the masters of vessels operating without aircraft assistance.

4. Research on population structure, migrations, and vital statistics of tunas

Knowledge of the population structure and migrations of the tropical tuna species is required in order to identify the unit populations which are the proper objects of study of their population dynamics, and the natural units for fisheries management. The complex nature of the tuna populations, and the necessity to do much of the required work at sea, which is expensive, makes progress on these problems slow, despite the devotion of much of our research effort to them.

We have been able to show that the yellowfin tuna of the region of the American fishery are a separate population from those to the westward, in the vicinity of Hawaii and the Marquesas Islands. The location of a geographical western boundary to the American population is, however, quite uncertain. With the development of genetic techniques, discussed below (together with tuna-tagging methods already developed) we now have the technical means to study this matter effectively, but we lack the financial means to support the operations at sea, far beyond the range of fishing vessels based in American ports, required for their application. In the case of skipjack, we have demonstrated that the population supporting the fishery along the West Coast of the Americas ranges much farther westward, and, indeed, the reproductive stages are probably mostly well outside the range of the present fishery. We do not know, however, just how far westward they do range. We have not, for example, been able to demonstrate, as we have for yellowfin, that the fish near the Hawaiian Islands are distinct from those of the American West Coast. The effective study of skipjack well offshore from the present fishing region demands greater resources than we have at our disposal. Knowledge of the westward extent of the tropical tuna populations supporting the fishery off the American coast is becoming increasingly important due to two factors:

(1) Although fishermen based on the Americas fish only the yellowfin population along the coast, fishermen based on Japan fish right across the Pacific Ocean, and operate on all of its yellowfin populations. It is important, thus, to establish a proper western boundary for management regulation of the yellowfin population under the Commission's jurisdiction. We have adopted a tentative line of demarcation for the compilation and analysis of catch-statistical data, which will probably also be suitable provisionally for management purposes, based on rather scanty morphometric data and on the distribution of areas of concentration of catches. This, however, needs to be much refined.

(2) With the attainment of full utilization of the yellowfin stocks, the fishery is turning increasingly to skipjack. That species has been much underutilized in the past, hence knowledge about it has been less urgently required than about yellowfin, but, with accelerating exploitation, we will soon need to study the skipjack more intensively. Useful research on the dynamics of the skipjack population requires, as part of its foundation, knowledge of the geographical extent and structure of the population we are dealing with.

Research on population structure, that is the occurrence and geographical distribution of sub-populations, of tropical tunas *within* the present area of exploitation by vessels based on the Americas is being pursued by several means, including tagging, study of size-composition of the commercial catches, and genetic studies through blood-typing. Greatest attention has been given to yellowfin, but considerable research has also been done on skipjack.

Knowledge of vital statistics (age, rate of growth, mortality rates, and variations in year-class strength) of the tunas is of importance for detailed study of their population dynamics. These elements are estimated, primarily, from analysis of size composition of commercial catches, combined with catch-per-effort data, as described in earlier reports. Tag return data also provide independent estimates of growth and mortality. Although we are collecting data on both tropical tuna species, greatest attention has been given to analysis of yellowfin data. Analysis of data on skipjack is being carried forward also, but with lower priority.

Size composition of the commercial catch and related studies

Knowledge of the size composition of the commercial catch is obtained by systematic collection of length-frequency samples from the commercial landings of yellowfin and skipjack tuna. Samples are collected routinely throughout the year at San Diego, and San Pedro, California; Puntarenas, Costa Rica; and ports in northern Peru and Ecuador. This program has been in effect since 1954 and provides monthly and quarterly estimates of size composition of catch by geographical sub-areas. These data provide part of our knowledge of the vital statistics (age, rate of growth, mortality rates, and variations in year-class strength) of the tunas, and enable study of population structure by comparison of size-composition characteristics among areas.

During 1961, the fishing effort and catch were concentrated in the area off the Central American coast, which accounted for approximately half the total catch of yellowfin tuna from the Eastern Tropical Pacific. Therefore, we have obtained increased numbers of length-frequency samples each month from this important area.

Analyses, thus far, have been concerned primarily with estimating the vital statistics of yellowfin tuna, and these estimates are being kept nearly current. Similar studies have commenced on skipjack tuna, but have not progressed much beyond what was reported in the 1960 Annual Report.

Yellowfin tuna

Through the courtesy of the California State Fisheries Laboratory, the Commission recently obtained a copy of the length-frequency data for yellowfin tuna measured during the years 1951-1954, prior to the initiation of our own sampling program. Employment of the new I.B.M. 7090 computer at the Western Data Processing Center at U.C.L.A. permitted rapid processing of these data.

Analysis of the processed data has recently begun. Smoothed length-frequency curves representing the size composition of monthly catches in each area have been drawn wherever sufficient data were available. Yellowfin year classes were identified in each area and their modal progressions followed through their existence in the fishery. The growth rates of these year classes appear to be similar to those previously determined for the later years.

Excellent correspondence was found between the data collected by the California State Fisheries Laboratory during the years 1951-1954 and those collected by the Inter-American Tropical Tuna Commission in subsequent years, in that modes of year classes identified from the 1951-1954 data corresponded with modes of identical year classes (at older ages) previously identified from the Tuna Commission data.

As yellowfin from certain areas were found to be uniform in year-class composition and growth, the data were combined and grouped in the following three regions: 1. The Northern Region, which includes the fishing grounds off the coast of Mexico, within the Gulf of California, and around the offshore Revillagigedo Islands; 2. The Central Region, which includes the fishing grounds off the Central American coast; and 3. The Southern Region, which encompasses all fishing grounds south of 5°N latitude.

The yellowfin tuna, as has been shown in earlier Annual Reports and

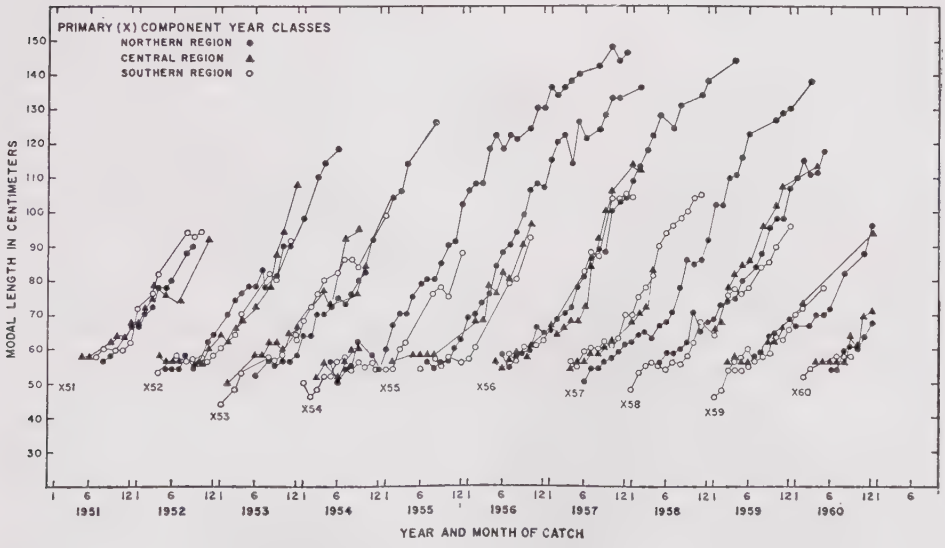

FIGURE 7. Modal progression of yellowfin year classes.

in publications in our *Bulletin,* in each region, consist of two series of age groups, one of which enters the fishery at a season about six months different from the other. The dominant component in the Northern Region has been designated the "X-series". In Figure 7 are shown the modal progressions of individual year classes of the X-series, for the three regions referred to above, based on all available data. Omitted from this figure are the modes of older age groups present in the samples taken in 1952 and 1953, which could not be accurately identified by year of first entry into the commercial catch. These year classes, in the different regions, are being studied to determine whether there are any areal or year-to-year differences in growth rates. While the statistical analyses have not been yet completed, inspection of the figure suggests that, of the ten year classes represented, only the X57 class is different from the others. In the Central and Southern Regions the X57 year classes nearly coincide while that of the Northern Region is initially similar but later diverges from the others. Thus, with the exception of the X57 year class of the Northern Region, the growth rate of yellowfin tuna appears similar in all three regions of the Eastern Tropical Pacific during the period 1951-1960.

It has been observed, both in the Eastern Pacific and elsewhere, that the larger and older yellowfin tend to be predominantly males. This could be due either to a more rapid rate of growth of male fish, or to a higher

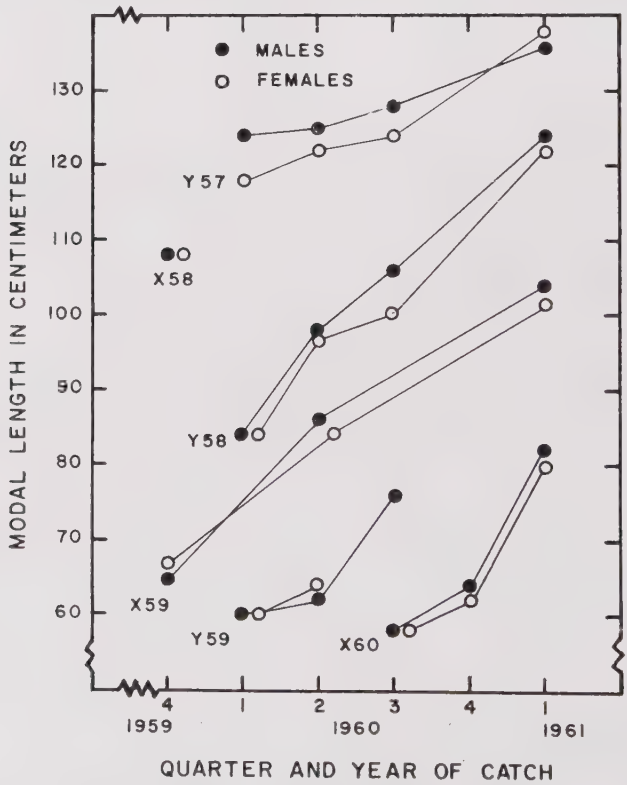

FIGURE 8. Comparison of growth of sexes of yellowfin tuna, Central Region.

mortality rate of females. To investigate this, and to provide data for similar studies of skipjack, we commenced, in 1959, to collect additional information on both size and sex composition of yellowfin and skipjack tuna comprising the commercial catch, the primary purpose being to determine the growth rate of each sex.

Our most adequate time series of data are from yellowfin caught in the Central Region. These samples were obtained from both baitboat and purse-seine caught fish. Comparison of the sex ratios of yellowfin caught by the two types of gear during the second quarter of 1960 indicates that the purse-seiners caught a slightly higher percentage of males than the baitboats. The greater percentage of males was particularly noticeable in the older age groups. On the whole, purse-seiners caught a larger percentage of the older age groups of both sexes and conversely the baitboats caught a larger percentage of the younger age groups of both sexes. However, for purposes of comparing growth between sexes the differences between baitboat and purse-seine data are inconsequential. Therefore, the size composition data for both types of gear were combined to provide larger samples to compare the growth by sex in each year class. The modal progressions for several year classes have been plotted in Figure 8. It is obvious from this figure that male and female yellowfin have essentially the same growth rate, at least up to about 130 cm. Data for yellowfin beyond this size are too limited for comparison of growth between sexes. These studies are being continued.

Skipjack

Study of size-composition of skipjack in different sampling areas, based on accumulated data, continued during the year to the extent that the higher priority of yellowfin studies permitted. As noted before, the modes in the size-frequency curves in the samples from most areas exhibit progressions, which undoubtedly reflect the growth rate of the fish. We first thought, as reported last year, that for this species, like the yellowfin, there are two series of age classes recruited each year to the commercial stock with some regularity. Further detailed study of the data indicates, however, that this may not be the case. Groups of fish of the same size (and age) appear in an area and persist for a considerable, but variable, length of time. The seasons of appearance of these groups, and the number of groups entering each year, is rather variable however. It may very well be that these groups do not represent the regular occurrence of a certain number of age classes, but represent variable and irregular recruitment of batches of fish to the catchable stocks in the fishing regions. While the data can then provide valid estimates of growth rate, it may not be possible to identify and follow individual year classes through the fishery. These complications probably arise because the fishery is operating only on the fringe of a population which extends much farther westward, and enters the fishing area in variable time and degree in response to oceanographic variations. As noted elsewhere, the reproduction of skipjack apparently takes place to a large degree outside the present fishing region.

Tuna tagging investigations

The staff of the Commission has, since the initiation of our tagging program late in 1955, tagged 105,558 tropical tunas in the Eastern Pacific Ocean. The commercial fishing fleet had recaptured 4,129 of these by the end of 1961 (Table 7). The reported tag recoveries through 1959 have supplied the data for a recent *Bulletin* in which were discussed the major migratory patterns of yellowfin and skipjack, in both space and time, as well as estimates of their growth and dispersal. The authors of this report, in addition, investigated the applicability of methods of measuring mortality rates from tag return data. The results provide some support for the validity of the mortality estimates made from size-composition studies.

Concurrent with the conversion of most of the baitboat fleet to purse-seiners, which use different fish handling methods, an increased portion of our tag returns during 1961 was from fish-butchers in the tuna packing plants. Of the 587 recoveries at San Pedro and San Diego during 1961, 235 (40%) were from cannery workers. This is of major concern, as the data from these recoveries are, on the average, inherently less accurate in regard to the time and position of recapture. This occurs despite the fact that we are generally able to determine the wells from which the fish were unloaded, because single wells sometimes contain fish from different areas and from many days of fishing.

Tagging operations

Tagging during 1961 was conducted from three cruises of United States-based baitboats, from Peruvian bolicheras and baitboats, from small Ecuadorian baitboats, and from a chartered vessel. There were 10,851 yellowfin and 11,394 skipjack tagged during the year from which 767 yellowfin and 451 skipjack were recovered. An additional 92 recoveries were made during the year from fish released on tagging cruises made in 1959 and 1960. The data are summarized, by species, in Table 7. With the exception of 135 loop tags released from bolicheras, and 233 from Ecuadorian baitboats, all of the tags released during the year were of the dart type described in our last Annual Report.

Charter cruise of the "Barbara K."

During the early spring of 1959, as reported previously, we conducted a tagging cruise off the Gulf of Panama and vicinity. The recoveries of tagged fish were most interesting, especially those of yellowfin, which dispersed rather rapidly from the point of tagging, and resulted in recaptures from southern Mexico to northern Peru. That, however, was a period (toward the end of the 1957-1959 "El Niño") of abnormally high temperatures both off Central America and elsewhere in the Eastern Pacific. For comparative purposes we wished to conduct a similar experiment in a cold year. The sea temperatures in the spring of 1961 were lower than in 1959, so we chartered the *Barbara K,* 170 ton capacity baitboat, during the month of April to tag again in and near the Gulf of Panama.

Although further recoveries are to be expected from this cruise, there

Table 7. Tuna tagged, and returns reported to San Diego, through 31 December 1961.

Cruise	Vessels	Period	Area tagged	Number tagged Yellowfin	Number tagged Skipjack	Number recovered Yellowfin	Number recovered Skipjack
FROM CALIFORNIA							
Tagged during 1955-1960				20,114	33,059	1,049	724
Tagged during 1961							
37	Mary Barbara	III/8/61-V/19/61	Colombia Bank	13	70	—	2
			Peru-Chile border	—	1,283	—	3
38*	Barbara K	III/30/61-V/3/61	Gulf of Panama	7,426	3,560	402	93
39	San Juan	VIII/2/61-X/22/61	Central America	104	193	3	3
			Gulf of Panama	292	47	1	—
			Cocos Island	2	3	—	—
			Galapagos Islands	156	52	1	—
40	Golden Glow	IX/9/61-X/7/61	Local Banks	99	627	11	26
			Total 1961	8,092	5,835	418	127
FROM PERU							
Tagged during 1956-1960				4,453	21,754	335	684
Tagged during 1961			Baitboats	2,645	2,600	341	193
			Purse-seiners	49	131	1	—
			Total 1961	2,694	2,731	342	193
FROM ECUADOR							
Tagged during 1958-1960				188	3,745	8	111
Tagged during 1961				65	2,828	7	131
			1961 Grand Total	10,851	11,394	767	451
			All years Grand Total	35,606	69,952	2,159	1,970

* Charter cruise (on this cruise were also tagged 50 fish, for which records were lost, not included).

have already been made a large number; indeed as may be seen from Figures 9 and 10, the rate of recovery is already much larger from the 1961 cruise than the 1959 cruise. Comparison of the two figures reveals that the geographical pattern of yellowfin recoveries is much the same in the two experiments. Many yellowfin dispersed rapidly from the tagging areas, both to the north and to the south. Maximum northerly migrations, from both years' tagging, have been to just north of the Gulf of Tehuantepec, while fish also moved southerly to off northern Peru.

The greater recovery rate of 1961 is doubtless related to several factors. The intensity of fishing was greater in that year than formerly in this area. (This is true, also of the whole Eastern Pacific, which accounts, in part, for the increased recovery rates from tagging in other places also,

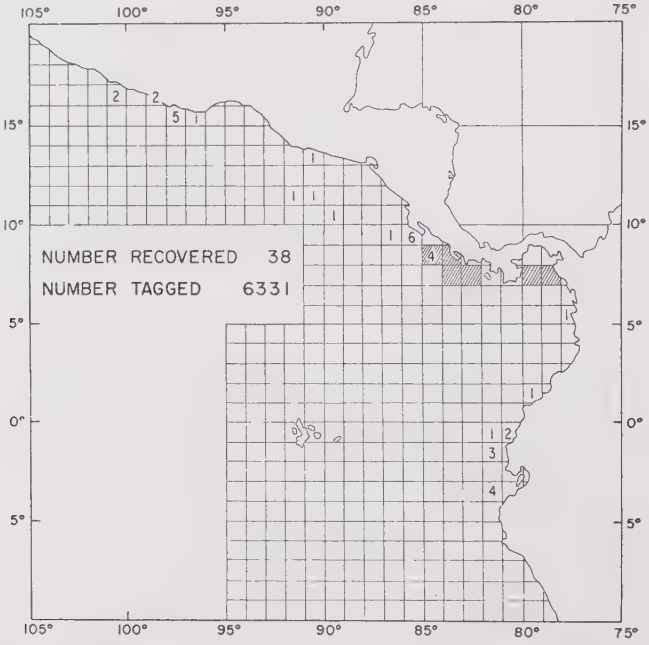

FIGURE 9. Areas and numbers of recaptures of yellowfin tuna tagged in areas indicated by shading on 1959 charter cruise. (One fish, area of recapture unknown).

revealed in Table 7). Improved tagging techniques may also have contributed, by decreasing initial tagging mortality. It is difficult, however, to believe that either of these factors could account for the very great increase in recovery rate. It is most likely that, due to more favorable local environmental conditions of temperature or other factors, that the fish tagged on this cruise experienced a much lower initial tagging mortality than those in 1959. The initial tagging mortality in all of our experiments is quite high, and is believed to be related to physiological effects connected with an oxygen deficiency related to water temperature. Some direct experiments have recently been conducted on this, as described below.

Inter-area migrations

The pattern of long-distance migrations, between major fishing areas,

are of interest respecting understanding of possible division of the tuna populations into independent, or partially independent, sub-populations. The inter-area migrations recorded in the past have been charted and described in a recent *Bulletin* and in our 1960 Annual Report. Additional records of this sort (in addition to those shown on Figures 9 and 10) have been obtained from recoveries of tagged fish during 1961:

A skipjack, tagged off Turtle Bay, Baja California during September 1960, was recaptured off Roca Partida in the Revillagigedo Islands in March 1961.

A yellowfin tagged in the Gulf of Panama on the April 1961 charter cruise was recaptured in November 1961 near San Cristobal Island in the Galapagos.

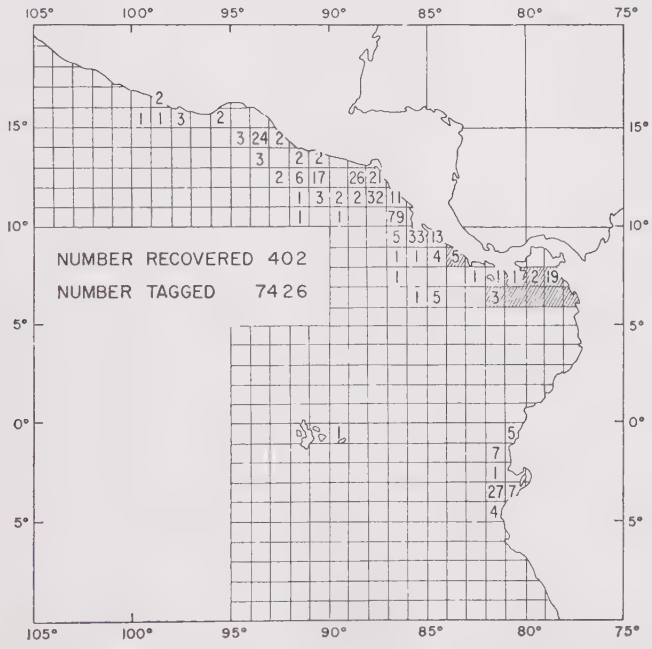

FIGURE 10. Areas and numbers of recaptures of yellowfin tuna tagged in areas indicated by shading on 1961 charter cruise. (Five fish, areas of recapture unknown).

Two skipjack, tagged near the Peru-Chile boundary in February 1961 were recaptured more than 1000 miles to the northward, one off northern Peru in September, and the other off Ecuador in July.

Estimates of mortality rates of yellowfin tuna

During the year we have commenced the analysis of tag return data, employing both the tag returns and data on fishing effort, by application of an improved procedure recently proposed by J. A. Gulland of the Lowestoft (England) Fisheries Laboratory. The explanation of this procedure, and its possible application to our data, requires a little elucidation of theory.

When we liberate, say, T_o tagged tuna, some of them do not survive

the tagging operation, so that there remain a lesser number, T_E, of *effective* tags. We may put

$$T_E = kT_o \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

where k is the fraction which survives the tagging operation.

After the time of tagging, tagged fish disappear from the fishing area due to being caught, natural deaths, shedding of tags, and (in some instances) emigration, so that the stock of tagged fish is constantly decreasing. Thus the number of tagged fish present at any time, t, after tagging is

$$T_t = T_E \phi (t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

where $\phi (t)$ is equal to 1 at $t = O$, and decreases monotonically as t increases.

The number of tagged fish *recaptured* during a short time interval, at time t after tagging, will be, on the average, jointly proportional to the number of tagged fish present in the fishing area and the amount of fishing effort applied, thus

$$r_t = qf_t T_E \phi (t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

where r_t is the number of tagged fish recaptured, f_t is the fishing effort applied at time t, and q is a proportionality constant. q is the *instantaneous rate of fishing mortality per unit of fishing effort,* also called the *catchability coefficient.*

Not all of the *recaptured* tags are *recovered,* since some are overlooked by fishermen and cannery workers. If we designate by c the fraction of recaptures that are recovered by us, we may write, for the recoveries, R_t, at time t

$$R_t = cr_t = cqf_t T_E \phi (t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

From this it follows immediately that

$$\frac{R_t}{c f_t T_E} = q \phi (t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

This is the number of recoveries, corrected for non-return of recaptured tags, per unit of fishing effort, per effective tag liberated. If we compute this for successive short time intervals, it will decrease steadily with time, due to the decrease in $\phi (t)$, but, since at $t = O$, $\phi (t) = 1$, an extrapolation of the line of best fit back to zero time will provide an estimate of q.

Further, if the rates of natural mortality (M), of fishing mortality (F), and of attrition due to tag shedding and other factors (Q), are each approximately constant during a given experiment,

$$\phi (t) \doteq e^{-(F+M+Q)t}$$

so that

$$Y = \frac{R_t}{c f_t T_E} \doteq q e^{-(F+M+Q)t} \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

and

$$\log_e Y \doteq q - (F+M+Q)t \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

In this event, the logarithms of successive values from (5) will form a linear regression on time, the intercept of which is an estimate of q and the slope of which is an estimate of $(F+M+Q)$.

This formulation has been applied to the data of tag liberations and recoveries, by time intervals appropriate for each experiment, with corresponding fishing effort from our logbook records, of several tagging experiments in the fishing region off Baja California and vicinity during 1957-1960. There were two useful groups of tag liberations each in 1957 and 1958, one in 1959 and one in 1960, for which recovery data are essentially complete.

In order to compute T_E, it was, of course, necessary to apply a correction factor, k, for initial tagging mortality. From an analysis made in a recent *Bulletin* by Schaefer, Chatwin and Broadhead (Vol. V, No. 5) this depends both on water temperature and size of fish tagged. The relationships with temperature alone estimated by them for the Baja California region were employed to compute the T_E from the T_o.

The correction, c, for non-recovery of recaptured tagged fish was taken as 0.9, based on experiments conducted in 1960 with tagged fish introduced surreptitiously into wells of fishing vessels. Earlier experiments had led to a value of about 0.5, while more recent, 1961, experiments indicate that currently the value is nearer to 1.0.

The logarithms of recaptures, per effective tag, per thousand standard days fishing, are plotted against time, for each of the experiments, in Figure 11, together with the linear regressions fitted to them. The catchability coefficients (per thousand days fishing) are not dissimilar for the first five experiments, but that for 1960 is very much higher. This may

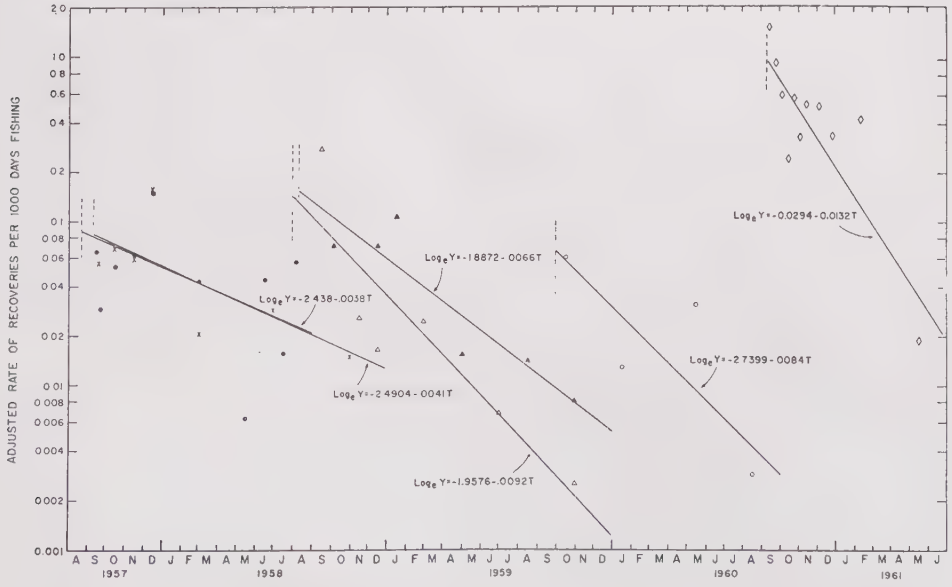

FIGURE 11. Rates of recapture per-unit-of-effort of yellowfin tuna tagged off Baja California.

reflect an actually much higher vulnerability of the tuna in this area during 1960, but it may be due, in part at least, to the correction, k, being erroneous. Indeed, the highly variable nature of the initial tagging mortality is one of the greatest impediments to quantitative analysis of tag recovery data, as we have seen earlier when comparing the recoveries from liberations off Central America in 1959 and 1961.

The *slopes* of the regressions are subject to less error, since they are independent of the amount of initial tagging mortality. It may be seen from the figure that the slopes, which are estimates of $(F+M+Q)$ have increased quite steadily from 1957 through 1960. If we may assume that M and Q are constant from year to year, this would be evidence that F, the fishing mortality rate has, indeed, increased over this period.

We hope to improve the application of this method to the data of this, and other, regions through: (1) Analysis of existing data to obtain better estimates of "k" in relation to temperature and fish size and (2) Studies of the physiology of the tunas in relation to tagging mortality to approach a better understanding of it, as discussed further below.

Tuna genetics

Study of the possible presence of reproductively isolated sub-populations of tropical tunas in the Eastern Tropical Pacific Ocean, by application of immunogenetic methods is being pursued, together with some comparisons of populations of other regions. For the time being, we have restricted ourselves to the use of phyto-hemagglutinins. These are prepared by saline infusion of pulverized endosperm of leguminous seeds. Reagents thus obtained, which we refer to as bean extracts, are used instead of immune or natural sera for detection of blood types by agglutination of erythrocytes. As reported in the last Annual Report, we were able to demonstrate an interesting blood system of two mutually exclusive blood types in skipjack tuna. At that time our preliminary experiments with a small number of yellowfin bloods gave us evidence that the bean extracts could possibly also be used for typing of blood of that species. Work carried out during 1961 has shown that some of the bean extracts are indeed suitable for typing of the blood of yellowfin.

During 1961 three blood-typing trips were made aboard commercial tuna vessels. In the course of these trips blood of 240 yellowfin tuna and 178 skipjack from various parts of the Eastern Tropical Pacific Ocean was typed with various bean extracts. In addition, Messrs W. L. Klawe and D. C. Vann of our staff spent approximately six weeks in Hawaii where they typed the blood of yellowfin and skipjack tuna from that area, to compare with results in the Eastern Pacific.

Samples of the blood of skipjack from the Eastern Pacific have been typed from two areas, off northern Peru, and local banks and Revillagigedo Islands, with 98 and 143 fish respectively. The frequency of the two blood types in these samples proved not to differ significantly. The 113 skipjack which we have typed from Hawaiian waters did *not* show a difference with respect to the frequency of these two blood types.

Work on the blood of yellowfin tuna has also shown encouraging progress. We are able to demonstrate at least two types in a blood system and, in addition, some of our reagents are apparently also suitable for detecting sub-types in the same system. Series of yellowfin have been examined in usefully large numbers from the local banks, from off Guatemala, and near Hawaii, but not all of the useful reagents have been used in each place (since two of them were only recently discovered).

In addition to our work on the blood of these two species of tunas, we have incidentally been typing blood of other tunas, as well as that of some other scombroid and non-scombroid fishes. This is done to assess the possibilities of using bean extracts for immunogenetical studies in species other than tunas, as well as for the purpose of comparison of agglutination patterns of various taxa.

To assist other researchers using bean extracts in their studies, a source list of leguminous seeds is being prepared. This list will be distributed to specialists during 1962.

5. Other aspects of tuna biology and behavior

Tuna physiology

Analysis of tag recovery data has shown clearly that initial tagging mortality is high, and that it is directly related to water temperature at tagging. This, together with experience with other kinds of fish, led to the hypothesis that the mortality is due to hyperactivity, resulting in an accumulation of lactic acid, from which the tuna are unable to recover in their oxygen-poor environment or which, at least, debilitates them so that they are easy prey for their predators.

In consequence, a study, undertaken during the past year, was designed directly to investigate this possibility. The experiments were conducted aboard a commercial tuna clipper, chartered by the Commission for tagging purposes, in waters off the Pacific coast of Central America. The lactates were analyzed at the Department of Physiology, University of British Columbia, in association with Dr. Edgar C. Black and Mrs. A. Robertson Connor.

Blood samples for lactate analysis were taken from 207 yellowfin and skipjack tunas (a) immediately after capture (by the live-bait method), (b) immediately after tagging with dart tags, and (c) aften ten minutes to 24 hours holding (both tagged and untagged) in a polyfoam-lined baitbox aboard the clipper.

The blood lactates in yellowfin and skipjack tunas at capture, and immediately after capture and tagging, were not significantly different from each other. The average levels for these four groups ranged from 14.4 to 22.5 mg.%. These values are slightly higher than lactate values recorded for other species of fish before exercise, which may be due either to the greater degree of activity between initial capture and sampling under field conditions, or to a higher level of activity in tunas in the steady state under natural conditions.

In their response to severe activity, both tuna species are similar to other fish species investigated by other workers, in that the stimulation of capture and tagging produced a marked increase and a subsequent decline in the blood lactate. The relationship between the blood lactate level and the time held after capture was non-linear. To facilitate analysis, the data were converted to logarithmic values; when plotted in the form log Y = a + b log X (where Y = the lactate level, and X = the time held), a transformation to approximately a linear relationship, between about ½ and ten hours, resulted. The regression lines representing the mean values of blood lactate at various times between about ½ hour and ten hours for all yellowfin, and for untagged and tagged skipjack, are shown in Figure 12.

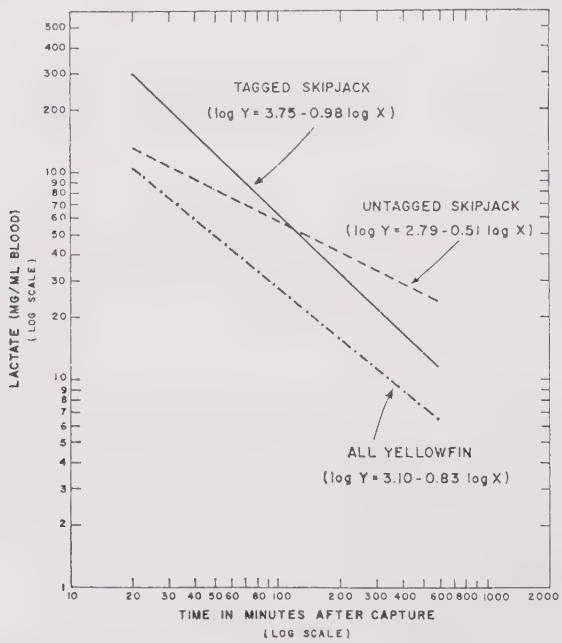
TAGGED SKIPJACK
(log Y = 3.75 - 0.98 log X)
UNTAGGED SKIPJACK
(log Y = 2.79 - 0.51 log X)
ALL YELLOWFIN
(log Y = 3.10 - 0.83 log X)
LACTATE (MG/ML BLOOD)
(LOG SCALE)
TIME IN MINUTES AFTER CAPTURE
(LOG SCALE)

FIGURE 12. Relationships between blood lactate and time after capture for yellowfin tuna and skipjack.

The pattern for the tagged yellowfin was essentially similar to that for the untagged. An analysis of covariance showed no significant difference between the peak amounts or the rates of disappearance of lactic acid in the blood of the untagged or the tagged yellowfin. The data for the two groups were therefore combined in preparing Figure 12. There was, however, a significant difference between tagged and untagged skipjack, for which the regression lines are shown separately.

Some generalizations concerning the blood lactates in yellowfin and skipjack are possible. The increases in blood lactate become apparent in both species within ten minutes of recovery, and reach their maxima in ½ to ¾ of an hour. The increase is greater in skipjack than in yellowfin, and greater in tagged than in untagged skipjack. For the untagged skipjack, the rate of disappearance of lactate from the blood is slower than for

yellowfin. Finally, the variation in blood lactate levels at any given time is greater in skipjack than in yellowfin.

Based on the deaths in the bait box from all causes, there is some slight indication that tagging led to mortalities in both species beyond those produced by handling alone, and that this mortality was most pronounced in the skipjack.

If the blood lactate response of tunas is compared to that of other fish, four differences are apparent. Peak concentrations of lactate were found in the blood of tunas within ½ to ¾ of an hour, whereas these peaks are not attained in other species of fish in less than two hours and often require as long as 3½ hours to develop. The maximum blood lactate levels in some tuna specimens were nine to 33 times greater than the average base level at capture; increases, upon exercise, from six to ten times over resting blood levels are found in other fishes. In both tuna species, the lactate disappeared from the blood at a relatively fast rate in comparison with the rate of disappearance reported for carp, trout and salmon. Of special interest is the remarkably short period of maximal activity (six to 21 seconds) which led to these high blood lactates in the tunas, in contrast to periods of exercise from three to 30 minutes needed to elicit even a lesser response in other fishes.

These differences in the physiological responses of tunas from those of other fishes may be in part due to a more vigorous response of the tunas to stimulation, to a higher muscle-glycogen content in the tunas, to a more rapid diffusion of lactate from muscle to blood, and/or to the high temperatures (26-29°C) at which these experiments were conducted.

The dissimilarities in the physiological response to capture and tagging between the yellowfin and skipjack may be partly accounted for by a better circulatory system in the yellowfin, a more vigorous response of the skipjack to capture and tagging and/or a higher initial muscle-glycogen content in the skipjack, among other possibilities. The greater susceptibility of the skipjack to tagging operations, as indicated by its physiological response, presumably contributes to the lower tag recovery rate for this species.

These experiments and results are being reported in detail in a *Bulletin* now in press. Further experiments are planned for 1962.

Larval and juvenile stages

It has been concluded that, within our area of study, the passive displacement of eggs and larvae of tunas by surface currents cannot be extensive. Hence, capture of very young stages of tunas provides direct evidence of recent spawning in the general vicinity.

We have, for several years, been carrying out a program of collecting and identifying young stages of tunas within the Eastern Pacific Ocean. The material used for these studies is not restricted to collections made by the Commission's scientists, but includes collections made by scientists of

other organizations who have kindly placed them at our disposal. The young forms were obtained from: (1) plankton tows, (2) dipnet catches made under lights suspended from a drifting vessel at night, and (3) stomachs of various marine vertebrates. As plankton net-hauls provide us with quantitative as well as qualitative data on the distribution of tuna larvae, these collections are the most valuable.

A report on spawning areas, times of spawning, and intensity of spawning, based on the collections of young forms has been completed, and will be published in the *Bulletin*. The findings can be summarized as follows:

Examination of the vertical distribution of tuna larvae in closing-net hauls, and statistical analysis of catches from simultaneous surface hauls and oblique hauls, indicate that, in the Eastern Pacific Ocean at least, they are limited to the mixed layer above the thermocline.

Young tunas from the Eastern Pacific Ocean appear to be good indicators of recent spawning by the adults in the area of capture of these young. The results of this study are in general agreement with those of investigations through examination of ovaries of adults.

Although the spawning of tunas is seasonal, in the warmer waters some spawning occurs throughout the entire year.

The yellowfin tuna spawn over an extensive area of the Eastern Pacific Ocean from Southern Baja California to Ecuador, both along the coast and in offshore waters. In the latter case, the spawning appears to be mostly in the waters of the Counter-current and North Equatorial Current. At the extremes of the distribution of the larvae, spawning takes place at the time of the year when the water is warmest. Off Central America the peak of spawning occurs in January through March.

The skipjack spawn only to a very limited extent in coastal and oceanic waters of the area of our study. Young forms were collected only on a few occasions, off Central America and as far north as the Gulf of Tehuantepec. In addition, some young of that species were collected off Ecuador.

Young frigate mackerel are the most numerous species in the collections of young tunas from the area of our study. This species spawns near shore as well as offshore in the oceanic waters. Young have been collected as far north as Cedros Island, Baja California, as well as in the Gulf of California, and as far south as Ecuador. Off Central America, the peak of spawning occurs in winter and early spring.

The black skipjack is more closely associated with land masses than the other tunas studied. The distribution of the young fairly well duplicates the coastal distribution of the adults. The adults occur both along the coast and in the vicinity of the major offshore islands in the Eastern Tropical Pacific Ocean, and it is expected that spawning of this species may also occur in the vicinity of these islands. Off Central America the peak of spawning is in early spring.

During 1961, additional collections of plankton from the Eastern Pacific Ocean were examined for the presence of various tuna larvae. This material originated from the following oceanographic expeditions: (1) STEP-I Expedition (September-December, 1960) in the waters off Ecuador, Peru, and Chile; and (2) TO-61-1 Cruise (March-April, 1961), of the Tuna Oceanography Group of Scripps Institution of Oceanography, in the waters of the Gulf of Tehuantepec and off Southern Baja California.

Studies of young scombroids from other areas

For the past several years we have devoted a little time to examination of collections of young tunas from other parts of the world ocean, as well as to examination of young scombroids, other than tunas, from the Eastern Pacific Ocean. Material from other regions is submitted by institutions interested in the life history of tunas, but lacking specialists trained in identification of the young stages.

Our findings related to the young tunas and other scombroids from the Western Atlantic Ocean have been published in papers which have appeared in the *Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean.*

In the course of collecting young tunas, other scombroids, rather similar in appearance to the early stages of tunas, are also collected. A number of young bonito *(Sarda)* have thus been collected in various parts of the Eastern Pacific Ocean. As knowledge of the life history of the Eastern Pacific bonito is rather scant, we have prepared a report on our findings, published in *Pacific Science.* A short report on young bonito from the waters off Baja California will also appear in the Mexican journal *Ciencia.*

Food of tunas

A manuscript on the food of yellowfin and skipjack tunas has been nearly completed for publication in our *Bulletin.* Some of the results may be briefly summarized:

Representatives of 12 orders of invertebrates and 44 families of fish were found in yellowfin stomachs. Only a few of the forage organisms are of importance, as only six families of fish and two orders of invertebrates accounted for 77 per cent of the total volume examined from yellowfin stomachs. Important invertebrate constituents in the diet, by volume, were the families Galatheidae (34%) and Portunidae (9%) and the order Decapoda, squids, (7%). The families of fish which made up, by volume, an important portion of the diet were: Katsuwonidae (8%), Ostraciidae (5%), Exocoetidae (4%), Tetraodontidae (4%), Carangidae (2%) and Myctophidae (2%).

Representatives of nine orders of invertebrates and 22 families of fish were found in skipjack stomachs. Only a few of the diverse forage organisms are of importance, as 88 per cent, by volume, of the skipjack's food consisted of two families of crustacea (Euphausiidae and Galatheidae) and five families of fish (Gonostomatidae, Exocoetidae, Myctophidae, Trichiuridae and Engraulididae). The family Euphausiidae, by volume, comprised 49 per cent of the food.

Both tuna species are apparently non-selective, and feed on whatever forage organisms of suitable size are available in a given locality. As a result, the composition of their diets, and the relative importance of the various organisms, changes from one area to another.

Fecundity of tunas

During the past few years we have been collecting and examining ovaries of mature yellowfin tuna and skipjack from the Eastern Tropical Pacific Ocean, to study the relationship between fecundity and fish size, and to determine whether this relationship varies in different areas. At the end of December 1961 we had collected and examined the ovaries from 94 yellowfin and 42 skipjack which were sufficiently mature for fecundity studies. The yellowfin include 50 fish from the inshore area north of the Gulf of Tehuantepec, 31 from the inshore area south of the Gulf, 4 from the Revillagigedo Islands, 6 from Cocos Island and 3 from Clipperton Island. The 42 skipjack represent 24 fish from south of the Gulf of Tehuantepec, 4 from the Galapagos Islands and 14 from the Gulf of California.

Preliminary statistical analysis of the fecundity of yellowfin tuna from the inshore areas, in relation to fish size, shows a positive relationship between fish length and fecundity, and further, suggests that this relationship may be adequately described by one formula for all fish from the inshore areas. The off-shore data have not been similarly analyzed.

Due to the restricted size-range (659-699 mm.) of the skipjack specimens taken in the Gulf of California, it is not useful to compare fecundities of fish from this area with fecundities of fish from further south. However, an average relationship fitted to data from all areas provides a preliminary estimate of fecundity in relation to fish-length for this species. It is indicated that a skipjack of 640 mm. has an average of 480,000 eggs, one of 680 mm. an average of 800,000 eggs, and a fish of 710 mm. an average of 1,000,000 eggs, in the group being matured for the next spawning.

A load of purse-seine-caught yellowfin taken on April 27, 1961, near San Benedicto Island, of the Revillagigedo group, was unloaded at Terminal Island during early May. The fish appeared to have been captured in the act of spawning. From this load of fish, a sample of 15 ripe individuals ranging in size from 1156 to 1678 mm. was selected and examined. They had gonad indices ranging from 32 to 113. Many of these fish were found to have great quantities of ripe eggs in the lumina of the ovaries and, upon pressure to the abdominal region, eggs flowed freely from the oviduct. Mean sizes of the most advanced group of ova from two running-ripe specimens were 1.00 and 1.02 mm., with respective ranges of 0.70-1.24 mm. and 0.70-1.19 mm. The mean size of the oil globule was about 0.25 mm.

After completing fecundity determinations on these fully ripe fish, as well as 4 additional determinations from fish of another sample, it was noted that they fell into three categories: 1) those of unusually low fecundity, with numerous eggs in the lumen of the ovary; 2) those of normal fecundity, with very few eggs in the lumen of the ovary; and 3) those of

unusually low fecundity, with very few eggs in the lumen of the ovary. It is believed that these categories represent fish taken in three distinct stages of sexual development or spawning activity, that is: 1) fish taken in the act of spawning; 2) those which are ripe but have not commenced spawning; and 3) those having partially spawned their ripe eggs, or having completed spawning. The fact that fish were found with fully mature eggs, but of unusually low numbers, and with very few eggs in the lumen of the ovary (category 3) suggests one of the following two possibilities: 1) these fish had spawned only a portion of their ripe eggs, with more to be spawned; that is, spawning of the ripe eggs is accomplished by the extrusion of intermittent batches; or 2) spawning had been completed, with those ripe eggs still contained in the follicular tissue to be resorbed. The former seems the more likely.

6. Investigations on physical, chemical and biological oceanography

The tunas are completely pelagic at all stages of life and are, therefore, profoundly influenced by the properties of their oceanic environment. These properties vary, in both space and time. In order to understand the ecology, life history, and behavior of the tunas, and of the important baitfish species, we need to understand the circulation of the ocean waters, their properties, and the processes which determine them, and the variations thereof, both seasonal and spatial. Studies of the physical, chemical, and biological oceanography of the Eastern Pacific, therefore, form an essential part of our research program.

Our research efforts in this direction are closely coordinated and associated with the efforts of other agencies studying this part of the sea for other purposes.

During 1961, progress on this program has been made along a number of lines:

Research cruises

Swansong

During the period September-December 1961 a joint Expedition "Swansong" was conducted with the Scripps Institution of Oceanography aboard the research vessel *Argo*.

The purpose of this expedition was to study further the physical, chemical and biological properties of the eastward flowing Cromwell Equatorial Undercurrent and its adjacent waters, with special emphasis on the area around the Galapagos Islands. Extensive measurements of primary productivity and standing crops of zooplankton and phytoplankton were made in the area bounded by 97°W - 86°W and 5°N - 5°S.

Underway surface observations of chlorophyll *a* were made three times a day, at sunrise, local noon, and sunset. Carbon-fourteen uptake of surface water was measured in simulated *in situ* shipboard incubators twice daily, at sunrise and at local noon. A continuous record of incident solar radiation by use of an Epply pyrheliometer was maintained throughout a portion of the cruise.

At various stations oblique zooplankton hauls were made with a one-meter standard net, and horizontal hauls were made at various depths with enlarged Clarke-Bumpus closing nets.

On biological stations which occurred at local noon, water samples from seven depths, representing seven degrees of light intensity, were analyzed for standing crop of phytoplankton as well as its concomitant photosynthetic rate. Concentration of chlorophyll *a* was used as a measure of the former, and simulated *in situ* deck incubators were used in the measurement of the latter. A Secchi disk was used to measure the light transmission.

Dip netting under night lights was accomplished whenever conditions permitted.

In view of the late return date of the cruise, the biological data have not been analyzed in detail at this time. Some remarks regarding chlorophyll *a* measurements and photosynthetic rates are incorporated with the discussion of data analysis from the STEP-I cruise below.

Data from cruises of other agencies

The Tuna Oceanography Research Group of the Scripps Institution of Oceanography, and the Marine Resources Research Institute of Peru, made additional cruises in our area of interest, although none of our personnel participated in them. Data from these cruises are being made available to us for pertinent aspects of our research.

Studies in the Gulf of Guayaquil and adjacent waters

During 1961 the government of Ecuador, with the financial assistance of the Special Fund of the United Nations and the technical assistance of FAO experts, initiated an extensive program of fisheries research and development centered in a Fisheries Institute established in Guayaquil. In cooperation with this program, and in conjunction with Ecuador's adherence to the Convention, a 2½ year investigation of the ecology of the Gulf of Guayaquil and adjacent waters was started by our staff in June 1961.

The Gulf of Guayaquil is the largest tropical estuary on the western coast of South America, reaching 58 miles from Punta Santa Elena in the north to Punta Sal in the south, and extending 100 miles inland. Both within the Gulf and throughout the adjacent oceanic region, the few available data suggest extraordinary high rates of primary production and large standing crops of zooplankton. The area supports sizable tuna catches, and substantial amounts of tuna bait fishes.

The research project that has been initiated is based on establishing the following: the horizontal, vertical and seasonal distribution of the chemical and physical properties of the region; the quantitative and qualitative distribution of the plankton populations of the area; and the processes of basic production of organic matter. A time-series approach is being used, in which a succession of observations are made at predetermined time intervals in order to establish the cycle of changes.

Specifically the objectives of the research program are as follows:

1. Physical oceanography
   a. To establish the general pattern of distribution of temperature, salinity, oxygen, phosphate, their seasonal fluctuations, and the factors controlling fluctuations;
   b. To establish the pattern of circulation and replenishment in the Gulf of Guayaquil and its estuarial waters.
2. Biological oceanography
   a. To establish the magnitude, distribution, and seasonal fluctuations in the primary production of the Gulf of Guayaquil, and the factors controlling fluctuations;
   b. To estimate the magnitude, distribution, and seasonal fluctuations in the standing crops of net phytoplankton and zooplankton;
   c. To establish the seasonal qualitative changes in the phytoplankton and zooplankton populations of the region.

Within this framework, sufficient data will be gathered to attack other problems of fundamental importance in the field of biological oceanography.

A preliminary examination of a quasi-synoptic set of oceanographic observations taken offshore and within the Gulf of Guayaquil was made to gain an idea of the distribution of oceanographic properties in this region prior to establishing a station grid. This analysis, combined with the available summary of bathythermograph data by one-degree squares, indicated a region of high horizontal gradients. These high gradients exist not only within and seaward from the Gulf, but also along north-south profiles parallel to the coast, and within the Gulf. Gradients as high as 5°C/120 miles have been present along east-west profiles, and as high as 2°C/100 miles along north-south profiles.

The scheduling of oceanographic cruises is based on the following considerations:

a. The oceanography of the Gulf is primarily determined by the intermixing of the Guayas River and the coastal waters of Ecuador. Due to tidal influences and fluctuating river discharge, it is an area of rapidly fluctuating oceanographic properties.
b. The associated oceanic area is a "frontal" region, in which Peru Current waters, and tropical waters from the north intermix to form a region of fluctuating properties, and high horizontal gradients.

These considerations imply that the required frequency of sampling for the various regions will differ; those regions with rapidly changing conditions require sampling at shorter time intervals than those with more stable characteristics.

The region has been divided as follows:

a. An inner estuarial region extending eastward into the Guayas

River estuary from a line fronting the westward face of Puna Island, containing 21 stations;

b. An outer estuarial region extending westward from this line to the 100 fathom curve in the Gulf, containing 18 stations;

c. A coastal region fronted by a line drawn through the following points: 81°W longitude 3°N latitude, 83°W longitude 1°S latitude, and 83°W longitude 5°S latitude.

These areas are being sampled, so far as possible, on the following schedule: the inner estuarial region on a biweekly basis, the outer estuarial region on a monthly basis, and the coastal region on a bimonthly basis.

During 1961, eleven cruises were made within the inner and outer estuarial regions, during which 184 stations were occupied. The following observations were made: 708 dissolved oxygen determinations, 1011 salinity determinations, 830 temperature measurements, and 45 plankton samples. None of the information has been analyzed in detail at this time.

The general seasonal cycle in the Eastern Tropical Pacific

During 1961, investigation of several topics, together with the results of previous studies, led to a description of the nature of the general seasonal cycle of oceanic circulation in the Eastern Tropical Pacific (ETP).

The ETP, defined as that ocean area bounded by 30°N, 20°S, 140°W, and the coastline of the Americas, forms a relatively large fraction of the Pacific Ocean. It is, however, only part of that very large ocean and there are features of it, for example some of the currents, which exist also in large adjacent areas. These large-scale currents are part of the gross circulation pattern of the Pacific Ocean, which is related to the general circulation scheme of the earth's atmosphere.

The ETP has two equators. The first of these is the geographical equator. The other, meteorological, equator is the zone of the doldrums, an east-west band of mean width about 300 miles, centered on the average at about 4°N latitude, and therefore on the average in the northern hemisphere, which marks the confluence of the northeast and southeast tradewinds. Because of the asymmetry, the southeast tradewinds invade the northern hemisphere nearly the whole year, and the extent to which invasion occurs at a particular time and longitude is directly related to the position of the doldrums. This is illustrated by Figure 13, which shows the average direction and speed of sea level winds for the months of February and August. These windfield patterns are the extremes of the annual cycle.

The heavy solid line in both panels of Figure 13 marks the confluence of the northeast and southeast trades, and it is readily seen that its position is both longitude- and time-dependent. In August this "meeting of the trades" lies between 8°N and 15°N east of 140°W, a range of about 400 miles, while in February it occurs everywhere at 5°N. The maximum variation in time occurs at 115°W, where the confluence is about 10 latitude degrees (600 miles) farther north in August than in February.

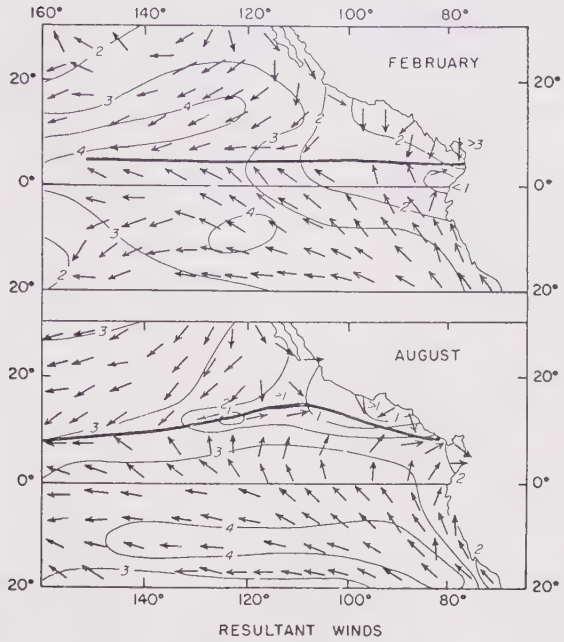

FIGURE 13. Monthly mean sea level winds for February (upper) and August (lower). Numbered isopleths indicate speed in Beaufort units; heavy line marks confluence of tradewinds.

Because of Coriolis force, the southeast trades turn toward the right (toward the east) once they have crossed the equator; the turning is greater the farther north the winds get, that is, the farther north the doldrums are. In August the southeast trades penetrate the northern hemisphere sufficiently far that east of about 120°W they become southwest winds. In February the invasion is limited, and the turning is precluded. Consistent with the proximity of the doldrums to the equator at that time, wind speeds at the equator east of 120°W are less in February than in August.

The windfields for each month of the year can be arbitrarily classified by wind season, and in the Eastern Tropical Pacific such a classification can be summarized as follows: a winter wind regime is established in January and persists through April; a summer regime exists from July through October; the two bimonthly periods, May-June and November-December, are those of change from one regime to the other.

The sea-level winds are effective in moving the ocean water. The exact nature of this relationship is not known, but observation shows an apparently simple result when the effect of broad, steady winds in the open ocean is considered: the surface current flows nearly in the direction to which the wind blows. This, however, need not be, and often is not, the case near physical boundaries of the ocean and along boundaries in the sea-level windfield, such as in the area of the doldrums.

Because each year there is the establishment of, and the switching between, the winter and summer wind regimes in the Eastern Tropical Pacific, it was expected that surface current patterns would exhibit a similar

annual cycle, and indeed this is true. Moreover, once a wind regime has been established energy must be transferred from wind to water before a corresponding surface current pattern is established, hence a lag-time is expected. This lag-time is not generally known for ocean currents, and

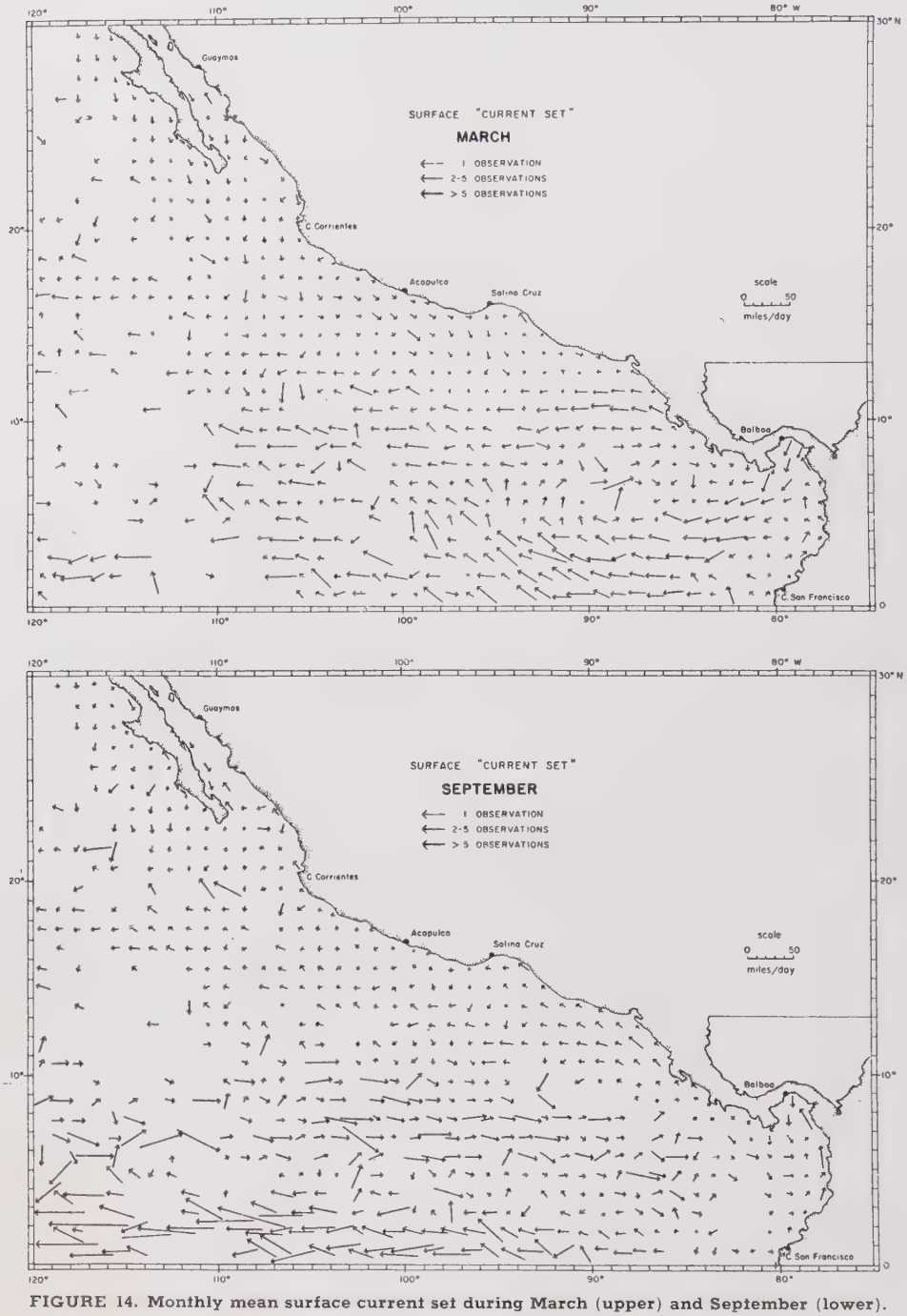

FIGURE 14. Monthly mean surface current set during March (upper) and September (lower).

probably varies markedly from place to place. For the surface currents in the Eastern Tropical Pacific as a whole the lag time appears to be about a month, since the extremes in an annual cycle of surface current patterns occur in March and September.

Figure 14 shows the average current set experienced by merchant vessels during March and September in part of the ETP, that is, north of the equator and east of 120°W. The September pattern resembles more the classical picture of equatorial circulation: the westward flow at and just north of the equator is the South Equatorial Current; the eastward flow between 5°N and 10°N is the North Equatorial Counter-current; and the slow southward and westward current in the northwest corner of the area is the California Current which can be considered as the beginning of the North Equatorial Current. The currents in the approximately triangular area north of 10°N and east of 110°W have no place in the classical picture.

In March the North Equatorial Countercurrent is nearly absent from the chart area. It can be discerned only as a weak eastward flow terminating at 110°W. The eastward flow at 7°N to 9°N, between 93°W and the coast, is not a vestige of the North Equatorial Countercurrent, but is a return flow related to the strong southwestward and then westward currents originating in the Gulf of Panama. The speed of the South Equatorial Current is less in March than in September, corresponding with the lower winter wind speeds at the equator. The California Current is somewhat stronger in March than in September, and may split at about 20°N, the inshore part combining with outflow from the Gulf of California to produce a southeasterly current along the Mexican coast. This current turns westward between 10°N and 15°N and joins with the westward flow south of 10°N; whether or not this combined westward flow continues into the North Equatorial Current out of the chart area is not known.

The absence of the North Equatorial Countercurrent is more marked in April than in March, for there is westward flow at its usual latitude everywhere between 95°W and 120°W. However, the current flowing southwestward from the Gulf of Panama, which is one feature of the winter current regime, is strongest in February and much reduced in April. Therefore March represents the winter extreme for the charted area as a whole, but not necessarily for a particular location in the area.

There is therefore an annual cycle of surface current patterns in the ETP which follows approximately that of the sea-level wind, and which gives rise to marked differences in sea surface currents between winter and summer.

There are also, however, some similarities in the two current patterns of Figure 14. These include the South Equatorial Current, the flow northeast and north along the coast of Colombia which is called the Colombia Current, and the unnamed flow westward to northwestward off Costa Rica and Nicaragua. Because of similarities and differences between seasons it is both interesting and desirable to know which currents persist throughout the year and which are variable.

The result of an arbitrary classification of current persistence on an annual basis in each one-degree square of latitude and longitude is shown in Figure 15. The persistence of a current is here considered to be the constancy of its direction of flow. The thick arrows indicate those squares in which the directions of the twelve monthly mean surface currents are within a range of less than 90°, that is, within 45° of the direction indicated by the thick arrows. The thin arrows represent a range of 90° to 180°, that is, within 90° of the direction indicated by the arrow and closely approximate the annual average direction of flow. The circled areas are those with annual range of surface current direction exceeding 180°, that is, in which a monthly mean surface current could have almost any direction. These regions of variable current are numerous enough, and in some places large enough, to be thought-provoking.

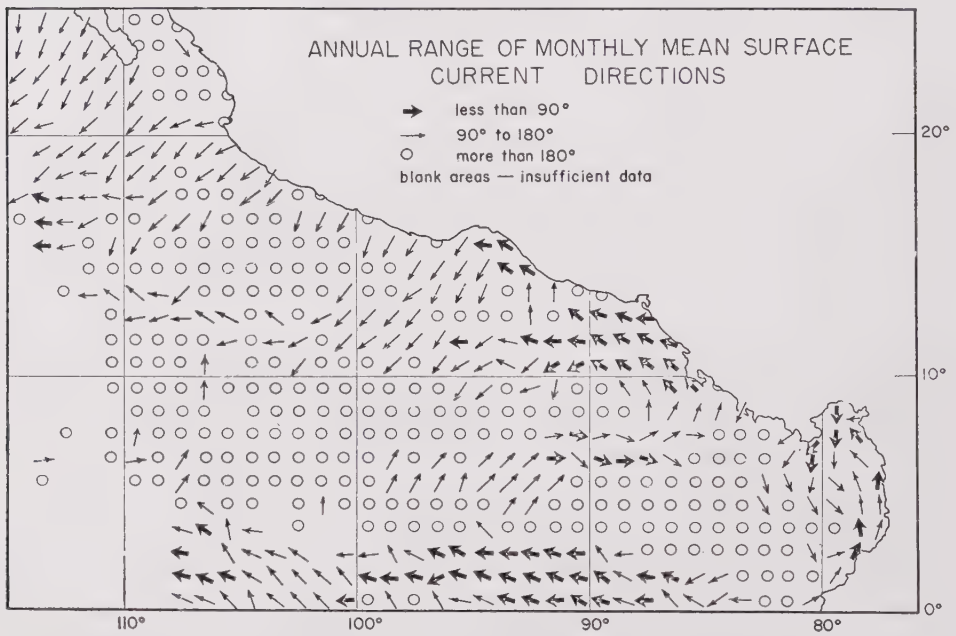

FIGURE 15. Annual range of monthly mean surface current direction.

The surface current data which have been discussed here are means over all years for which data exist, and therefore the current patterns shown in Figure 14 represent average conditions. An event, such as "El Niño", which is induced by anomalous conditions in the atmosphere (see our *Bulletin,* Vol. V, No. 3), should be characterized by anomalous current patterns.

Eastropic Atlas

A description in atlas-form of the upper 1000 meters of water in the Eastern Tropical Pacific is being prepared, as reported before. The data being used are from Expedition Eastropic which was undertaken in the fall of 1955 with two vessels of the Scripps Institution of Oceanography and one of the Pacific Oceanic Fisheries Investigation (now Honolulu Bio-

logical Laboratory). The atlas will show the distributions of currents, temperature, salinity, dissolved oxygen and inorganic phosphate at the sea surface, on several density surfaces, and in vertical sections.

Completion of the atlas during this year was precluded for two reasons: first, an error was discovered in the calculation of sampling depths in the HBL data; and second, the salinities determined by titration aboard one of the SIO ships were found to be 0.5°/oo too low on the average, as well as varying from station to station more than would be expected. While the overcoming of the first problem was relatively easy, since it was merely an exercise in arithmetic, alleviation of the second involved an adjustment of the questionable data which was the alternative to discarding them.

The method of adjustment of the salinity data was based on two premises: that the vertical distribution of water properties at a station in a section is related to that at adjacent stations in the same section, and that salinities determined by titration are not significantly different from a mean if they differ from the mean by less than 0.036°/oo. The procedure required, first, comparison of the suspect salinities at depths exceeding 300 meters with those of other expeditions in the same area, to determine the average salinity difference between the mean temperature-salinity curves. The suspect salinities were then modified by that constant amount and sections were prepared in which, for a consecutive series of stations, salinity was displayed as a function of thermosteric anomaly (potential density), i.e., the sections were the same as vertical sections except that potential density rather than depth was used as the vertical coordinate. Isohalines were then drawn in those sections and smoothed within the limit of titration accuracy quoted above; for each station this determined salinity as a function of potential density in a statistically significant manner and in turn decided the form of the temperature-salinity curve. Offsetting the tedium of this method are these advantages:

1) The deep water resolves as more nearly isohaline than titration indicates, and small lateral salinity gradients become apparent and meaningful. Also the apparent irregularities in the topography of a deep potential density surface are much reduced.

2) The missing (because of choice of sampling depths) of significant features in the vertical distribution of properties (this is not restricted to salinity only) is readily overcome if such features were observed at adjacent stations.

3) The relatively large volumes of the ocean in which quasi-isentropic flow occurs are indicated.

4) Areas of upwelling and of vertical mixing are markedly illustrated.

All of the Eastropic data have been treated in this manner and now preparation of the atlas is again underway. We hope that the atlas will be published during 1962.

Peru-Chile Undercurrent

During the STEP-I Expedition in September-December 1960, the presence of a southward-flowing undercurrent along the west coast of South America, underlying the Peru Current, at depths of several hundred meters, was established by direct measurements with parachute drogues, by calculations of geostrophic motion, and by analysis of the distributions of salinity and dissolved oxygen. Some theoretical considerations have indicated the possible existence of such a boundary phenomenon, but this is the first actual direct measurement of an eastern boundary undercurrent. The flow originates off northern Peru, in the region of the boundary of the Peru Current, or farther northwest, and extends at least as far south as 41°S. The transport of the geostrophic flow decreases from north to south, being 21 million m^3sec^{-1} at 5°S and 3 million m^3sec^{-1} at 15°S. At its coastal edge, the flow closely parallels the edge of the continental shelf; at low latitudes the principal flow appears to be separate from the coast. Figure 16, in which the distribution of salinity is shown in a profile parallel to the west coast of South America and about 100 miles offshore, indicates that the undercurrent waters are characterized by a salinity maximum south of 15°S. Corresponding with the salinity maximum is an oxygen minimum.

W. S. Wooster and M. Gilmartin have published a detailed report on this study in the *Journal of Marine Research* (Vol. 19, No. 3, pp. 97-122).

That the undercurrent may be of wind-driven origin was indicated by a computation of the Sverdrup mass transport for the area off the west coast of South America. The wind data used were the monthly mean winds

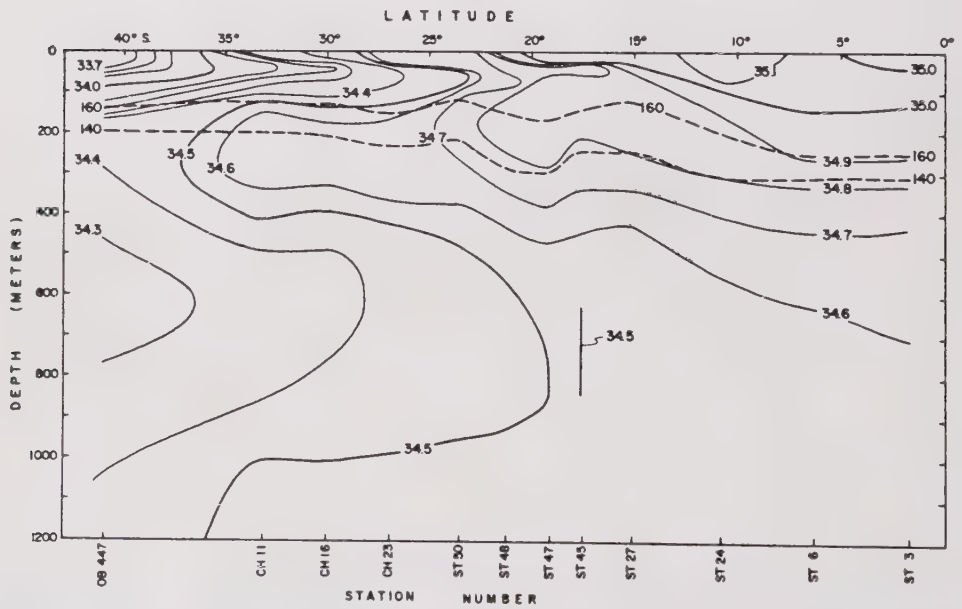

FIGURE 16. Vertical section of salinity (o/oo) about 100 miles off the west coast of South America from data of ST (STEP-I, 1960, SIO); OB (OB III, 1958, Institute of Oceanology, USSR); and CH (CHIPER, 1960, USNHO).

by two-degree squares of latitude and longitude which were supplied by the United States Navy Hydrographic Office. Throughout the year winds are southwesterly to southeasterly between the equator and 35°S along the coast, and wind speed increases with distance from the coast. Thus the curl of the wind is negative in that area and the integrated mass transport is accordingly southward along the coast as far as 35°S. This suggests that the dominant flow along the west coast of South America is the Peru-Chile Undercurrent, at least into 35°S. However, this analysis neglects friction at the boundary (at the coast) and variations with time.

Plankton indicator studies

Early in 1961 we received a large shipment of zooplankton samples collected during cruises of the *Bondy* off the Peruvian coast. Also, STEP-I Expedition (Sept. 15 - Dec. 14, 1960) provided a considerable number of Clarke-Bumpus plankton samples. Nearly the entire year was required to sort the Chaetognatha and fish eggs and larvae from these samples.

The isolated chaetognath material is presently being identified to species. Upon completion of this task, the species will be analyzed for their use as water mass indicators. The *Bondy* material will be used primarily to develop a picture of the seasonal distributions of the species near the sea surface, and how this relates to seasonal fluctuations of temperature and salinity. The STEP-I data should yield a more detailed picture of the species distributions relative to the environment, in the horizontal as well as in the vertical plane. These data will be studied in detail for a possible means of interpreting the origin of the "El Niño" water.

Research of biological productivity

Gulf of Panama

Our analyses of the meteorological, hydrographic and biological data collected during the four-and-a-half-year study of the Gulf of Panama, the data-gathering phase of which terminated during 1959, have been completed, and a report for publication in the *Bulletin* is in preparation. Analyses during 1960 have revealed additional details of the relationships between northerly winds and upwelling, and the effects of the latter on the biological production and standing crops of phytoplankton and zooplankton.

Of particular interest are some comparisons of observed relationships in the Gulf of Panama and elsewhere in the sea. The relationship of dissolved oxygen and phosphate-phosphorus in the Gulf of Panama was compared with relationships found in some other areas. Calculating the means at each of five depths sampled yielded points falling on straight lines with the following slopes: $\Delta 0_2/\Delta P$ = -1.85 ml/μg at for the rainy season and -2.00 ml/μg at for the upwelling season (Figure 17), which are identical considering the scatter of the individual data. There is an unexplained difference between these slopes and that obtained by Steele in the North Sea (-3.87 ml/μg at). Data collected on the STEP-I Expedition in the Southeastern

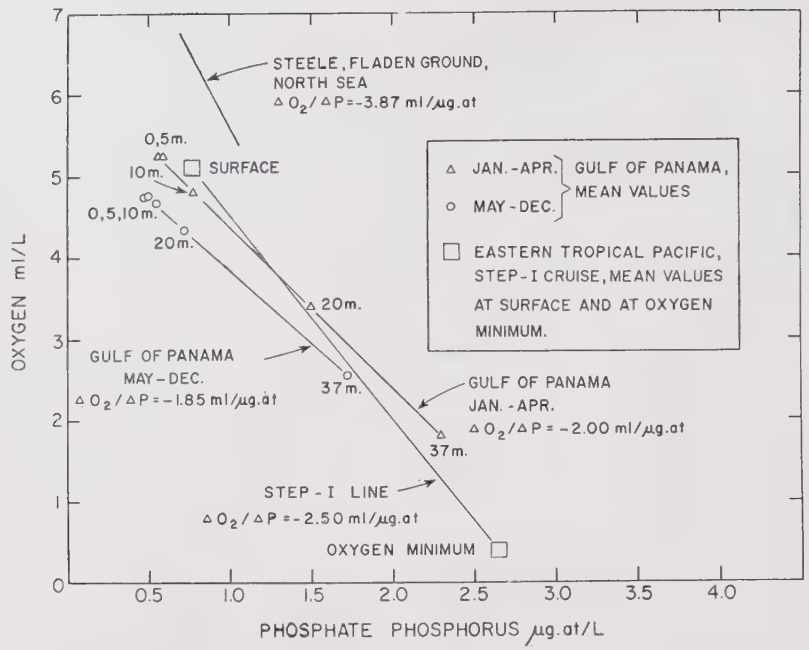

FIGURE 17. Relationships between phosphate and dissolved oxygen in the Gulf of Panama and other places.

Tropical Pacific show a good linear relationship between oxygen and phosphate from the surface down to the depth of minimum oxygen; a slope of -2.50 ml $O_2/\mu g$ at P was obtained by drawing a line between mean values for 90 stations at the surface and at the oxygen minimum (time has not yet permitted more exact study). This value does not differ greatly from those found in the Gulf of Panama.

A line for apparent oxygen utilization (AOU = O_2 concentration − O_2 concentration at saturation) and phosphate was derived by Richards and Vaccaro. The slope of this line falls close to and between those of the Panama and STEP-I lines. It is interesting that the oxygen-phosphate relationships in the Pacific should agree so closely with the classic one derived by Richards and Vaccaro from Black Sea, Cariaco Trench and Western Atlantic data.

Productivity indices (PI) in the Gulf of Panama and the Southeastern Tropical Pacific (STEP-I) were compared to values given by Strickland as typical. PI, a measure of phytoplankton "vitality", is carbon uptake corrected to unit light intensity and unit standing crop. A conversion factor (F) of 30 or 60 is suggested by Strickland for converting mg chlorophyll *a* to mg standing stock of carbon. A value of F = 100 was derived from data of Harris and Riley from Long Island Sound during the summer and applied to both the Panama and the Southeastern Tropical Pacific data. Results, shown in the table below, are well within the range suggested by Strickland and are not different from each other.

	F	Light	PI ([hour]$^{-1}$ [ly/min]$^{-1}$) Central tendency	Range
Strickland, 1960	30,60	Sub-optimal	0.5 — 2.0	0.1 — 5
Gulf of Panama	100	optimal	0.9 (median)	0.2 — 2.6
S. E. Tropical Pacific	100	optimal	1.0 (median)	0.2 — 3.2

STEP-I and Swansong

The second half of the preliminary data report (Part II) for STEP-I Expedition (Sept. - Dec., 1960) to the Peru Current and offshore waters of Peru and northern Chile was published. It contains biological, photometric and some additional chemical data. Surface chlorophyll *a* distribution is shown in Figure 18; also shown are data from the recent Swansong Expedition (Oct. - Dec., 1961). Figure 19 likewise shows the surface produc-

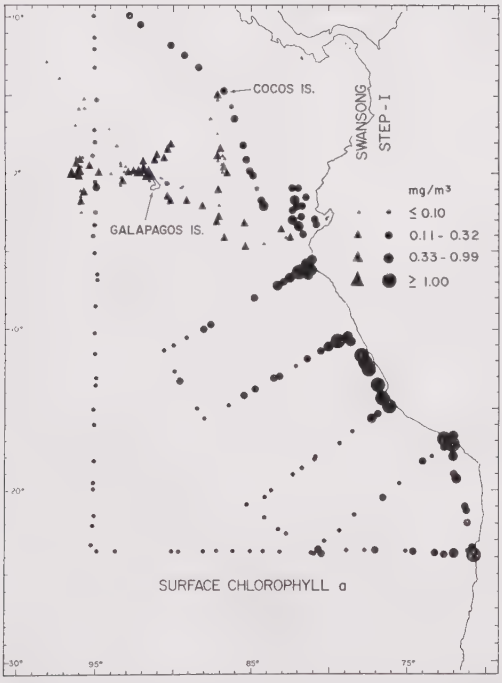

FIGURE 18. Surface chlorophyll *a* in the Eastern South Pacific.

tivity measured on these two expeditions. (Similar figures for standing crops of zooplankton and micronekton were published in Scripps Tuna Oceanography Research (STOR) Annual Progress Report No. 1 (SIO Ref. 61-62)). Effects of upwelling along the Peruvian coast are clearly seen in low surface temperatures, high nutrient concentrations, high primary production rates, high standing crops of phytoplankton (represented by chlorophyll *a*), zooplankton, and micronekton. The chlorophyll *a* values from Swansong fill a large gap in the STEP-I data: higher concentrations follow the sweep of the Peru Current as it dissipates itself westward toward the Galapagos Islands. The higher chlorophyll *a* (Swansong), primary production, and zooplankton (STEP-I) values west of the islands in-

dicate upwelling. Knauss has determined that upwelling occurs over the subsurface Cromwell Current which runs eastward along the equator and veers northeastward upon encountering the Archipelago. The higher chlorophyll *a* concentrations from Swansong coincide, as expected, with the path of this current.

The "El Niño" phenomenon

Prof. J. Bjerknes, of the Department of Meteorology at U.C.L.A., has, with support from this Commission, recently completed a study of the 1957-1958 "El Niño" in relation to the oceanwide sea temperature anomalies during these years, which includes analysis of meteorological and sea-surface temperature data from both the North and South Pacific, and also involves study of historical series of data from selected locations over the period 1925 to 1959. It is expected that a publication on this research will be completed during 1962.

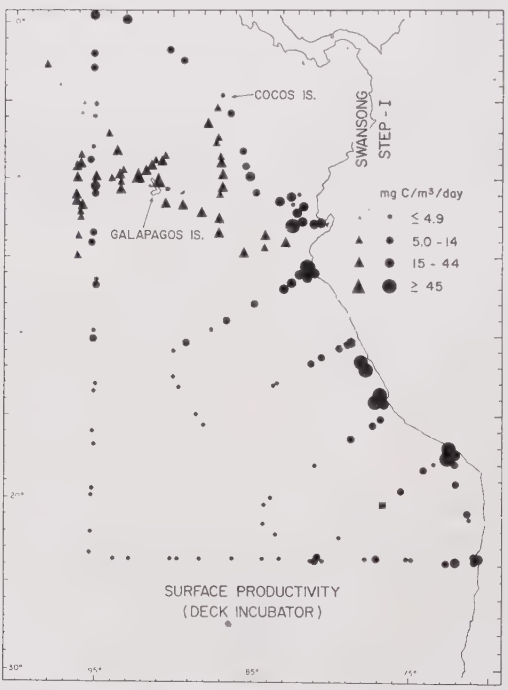

FIGURE 19. Surface productivity in the Eastern South Pacific.

This research is providing a much improved insight into the effects of meteorological variations on the sea-temperature regime, not only off northern South America but in the rest of the Eastern Pacific as well. Some important findings of Prof. Bjerknes' study are:

Major warm water invasions toward the Peruvian coast always (since 1935 at least) coincide with positive anomalies of sea temperature north of the equator. It appears that the meteorological anomaly causing the positive temperature anomaly in the equatorial belt is a weakness of the trade winds in both hemispheres.

The 1957-1958 "El Niño" was caused by a weakening of the trade winds of both hemispheres from 1955 to 1958. The ocean started to warm up in the trade-wind belt of the Eastern North Pacific in early 1956, and continued to do so as the trade winds weakened. In early 1957 a trans-equatorial invasion of warm water occurred east of the Galapagos, too late, however, for a full scale "El Niño" along the coast the same summer. The following summer season of 1957-1958 got an early "El Niño" start, about Christmas time.

The North Pacific temperature changes can be understood primarily as an effect of anomalies in heat loss to the atmosphere dictated by wind anomalies. Anomalies of Ekman transport also are involved in the region of the California Current and in all other regions of average cyclonic wind stress. Changes in temperature due to changes in geostrophic water motion are also to be expected, because computations by Fofonoff clearly show the increase in area of the northern cyclonic gyre at the expense of the anti-cyclonic gyre from 1955 to 1958.

7. Investigations of the biology, ecology, and life history of baitfishes

Research at headquarters

Baitfish studies at our headquarters during 1961 were curtailed considerably following the completion of some of the projects reported in our Annual Report for 1960.

There was completed during 1961, and published in a *Bulletin,* a study of the fecundity of anchovetas from the Gulf of Panama, indicating size-fecundity relationships. The age-fecundity relationship was not defined precisely, because no method has yet been found for determining the age of individual specimens of anchovetas. It was noted, however, that, since the majority of female anchovetas from the Gulf of Panama are usually 120-135 mm. long at the time of spawning, it appears that each female contributes about 20,000 to 35,000 eggs during the course of the spawning season.

There was also completed during the year the analysis of the speciation of thread herring, referred to in the Annual Report for 1960. Collections from both the Atlantic and Pacific were included to permit a complete revision of the genus *Opisthonema.* It was discovered that there are four species of thread herring in the Pacific *(O. libertate, O. medirastre, O. bulleri,* and *O. berlangai),* rather than the three listed in our Annual Report for 1960. The last species is confined to the vicinity of the Galapagos Islands, whereas the other three are Pacific continental species that occur together from Peru to Mexico.

During the past year, continued studies of *Anchoa naso,* a baitfish of some importance to the local tuna fishery off Manta, Ecuador, based on samples forwarded to our headquarters laboratory, have elucidated certain aspects of the life history of this species.

Additional analysis of gonads revealed that this species spawns throughout the year, with an apparent decrease, but by no means a cessa-

tion, of spawning during the winter months (southern hemisphere) of May to July.

Investigation of size at maturity indicates that there are no females in a maturing condition less than 45 mm. in standard length. At 56 mm., about 50 per cent of the females are maturing, and by 65 mm. all females are members of the spawning stock.

Preliminary estimates of the fecundity of this species were made for twelve specimens ranging in size from 50 to 83 mm. As the relationship between fecundity and fish length appeared to be linear for these twelve specimens, a regression line of the number of ova in the most advanced mode on fish length was fitted to the data. The coefficient of correlation (r) was 0.719 and the standard error of the estimate was 600 eggs. A fish of 50 mm. spawns approximately 1300 eggs, one of 60 mm. 1900 eggs, and a fish of 70 mm. 2,500 eggs.

Analysis of the sex ratios of specimens from 41 samples, taken during a consecutive 12 month period, indicated: 1) There does not appear to be any seasonal pattern in sex ratios within individual schools; 2) One sex or the other usually predominates in a given school; 3) The over-all sex ratio is not 1:1, but rather there are more females than males. By grouping all 853 specimens from the 41 samples into 5 mm. size categories, and plotting the ratio of males to females in each category, it was determined that females predominate in the larger size groups and males predominate in the smaller.

Investigations in the Gulf of Nicoya

Investigations were continued until September along the lines followed the last several years. Additional observations and collections were made to follow the effects of the 1953 transplantation experiment undertaken to reestablish the population of anchovetas, and collection of certain hydrographic data was continued.

Systematic search for anchovetas during 1961 revealed, as in previous years since 1954, that there has been no noticeable increase in the small population apparently established by the transplantation experiment.

During 1961, personnel of the Puntarenas laboratory made further hydrographic observations to provide data for a study of the transverse distribution of temperature and salinity in the Gulf of Nicoya. We expect to analyze these data during the coming year.

As reported above, it was discovered that there are four species of thread herring *(Opisthonema)* in the Pacific rather than the one species, *O. libertate.* A preliminary examination of our fish collections indicated the presence of at least two species of this genus in the Gulf of Nicoya. Accordingly, in the latter part of 1961, there was begun the task of separating the species occurring in our collections at Puntarenas. Of the 70 specimens examined thus far, about 60% are *O. libertate* and about 40% are *O. medirastre.*

Since we now have all the hydrographic data we can use conveniently, and most other phases of our field studies in the Gulf of Nicoya have been completed, we disposed of our research launch, and the local staff was reduced to one scientist in October of this year.

Investigations in the Gulf of Panama

Investigations at the Panama laboratory during 1961 continued to be directed entirely to studies of the anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)*. The principal activity was another large-scale tagging experiment in which there were again utilized the internal metal tags which proved so successful last year. There was also made considerable progress on the study of the feeding habits of the anchoveta, and there was begun a thorough analysis of the length-frequencies of anchovetas taken by the fish-meal fishery in the Gulf of Panama.

A total of 113,202 anchovetas was tagged in 1961. The tagging was begun in May and continued through mid-August. The totals by area, with comparative figures for 1960 are:

	1960	1961
Bahia Parita	0	9,399
Isla Verde	15,370	61,272
Panama Viejo	11,721	9,073
Rio Pacora	2,192	3,350
Isla Chepillo	10,882	5,534
Punta Mangle	6,629	9,086
Isla Maje	0	8,847
Bahia San Miguel	6,586	6,641
Total	53,380	113,202

The 1961 program was completely successful from the standpoint of tagging adequate numbers of fish in all the major areas of the Gulf. Fish were tagged during six different weeks during May, June, July, and August in the Isla Verde area, whereas tagging was conducted only once in most of the other areas.

The recoveries of tags released during 1960 and 1961 are shown in the following table. The "seasons" were separated by a 7-week interruption in fishing, during which time a new age group reached catchable size. Except for the six exceptions indicated in the table, all the tags were recovered in the Isla Verde area, where nearly all the fishing occurs.

1960 tags

Area tagged	Recovered 1960 season (through 8 March 1961)	Recovered 1961 season (26 April-31 Dec. 61)
Isla Verde	737	189
Panama Viejo	6 (5 at Panama Viejo)	30 (1 at Panama Viejo)
Isla Chepillo	1	8
Punta Mangle	0	7
Bahia San Miguel	1	7
Total	745	241

1961 tags

Area tagged	Recovered 1961 season (26 April-31 Dec. 61)
Isla Verde	329
Panama Viejo	3
Punta Mangle	1
Isla Maje	1
Bahia Parita	21
Total	355

Of the fish tagged in 1960, few tagged in other areas were recovered at Isla Verde during the season of tagging. By the 1961 season, the mixing had considerably increased, but was probably not complete. It is possible that the mixing took place during the season of spawning, which occurs mostly in November and December. Since the landings of anchovetas during the 1960 season after October 31 were rather small, there was not much opportunity to recover tags during this period.

Nothing is known about the migration of fish from Isla Verde to other areas, because only a very few landings of fish from the other areas have been made.

The last 1960 tag was recovered on December 13, 1961, so the fish bearing this tag must have been about 2 years old when it was caught. It has not been possible to demonstrate by scale studies or length-frequency analysis whether anchovetas survive to their third year of life, but the recoveries, or lack of recoveries, of the 1960 tags in 1962 should answer this question.

The returns of the 1961 tags have been much lower than expected from the results of the 1960 liberation. This might be attributed to the presence of a much larger population of fish in 1961. However this cannot be the principal reason, for the 1960 tags continued to be recovered in fair numbers in 1961. Four times as many fish were tagged in the Isla Verde area in 1961 as in 1960, yet the number of 1961 tags recovered was less than double the number of 1960 tags recovered during the 1961 season. When it is considered that the numbers of tagged fish from 1960 must have been greatly reduced by natural and fishing mortality since they were tagged, the low rate of return of the 1961 tags can be fully appreciated. The most likely explanation for this is heavy mortalities due to tagging, although abnormally heavy shedding of tags could conceivably be the cause. The only differences in the handling of the fish in the two years were that in 1960 the fish were treated with antibiotics, while in 1961 they were usually not, and in 1961 the anesthetic solutions were usually buffered with tris(hydroxymethyl)aminomethane and neutralized with citric acid. The lack of antibiotics or the presence of the buffer are not believed to be the cause of the lower recoveries of the 1961 tags, however, because some of the 1961 fish were treated with antibiotics, and some were anesthetized in unbuffered water, but the tag returns for these groups were no higher than those of the others.

It is obvious that there is much freer passage to Isla Verde of fish from Bahia Parita than from other areas. This is not surprising, for anchovetas are often apparently entirely absent from this area, and it would be most logical to assume that they had migrated to Isla Verde at such times.

The 1961 catch of anchovetas in the Gulf of Panama for fish-meal increased considerably over that of the previous year, but did not equal the record production of 1959. Improvements in one of the plants, plus additions to the fleet, were chiefly responsible for the increase over 1960. If anchovetas are as abundant in 1962 as they were in 1961, it is anticipated that continued improvement of the plants, and possible additions to the fleet, will result in a catch about equal that of 1959, the record year.

The catch of thread herring, made mostly in October and November, was about the same as in previous years. This species made up about 20 per cent of the catch for reduction in 1961.

Except for a few landings of anchovetas from Panama Viejo early in the year, the entire 1961 catch of both anchovetas and thread herring was made between Punta Chame and Ensenada Vique.

In the course of the tagging and visits to the reduction plants, it was noticed that the anchovetas caught in 1961 appeared to be much larger than usual. Consequently a length-frequency sampling program was initiated, employing fish caught by both cast nets and purse-seiners. Sixty-three samples, totalling 10,161 fish, were measured during June through December. The principal mode throughout the period in question occurred at about 140 millimeters, while a secondary mode, which decreased in importance near the end of the year, occurred at about 160 millimeters. According to the findings of length-frequency studies made in previous years, the 140-millimeter fish should be 1+ years of age, and the 160-millimeter fish probably 2+ years of age. The 0+ fish should be mostly about 110 to 135 millimeters long in these months, according to the previous studies, but only a small percentage of the fish caught in 1961 were this small. Previous findings have indicated that over 90 per cent of the population is composed of 0+ fish, so it seemed likely that the 140-millimeter fish were only 0+ years of age, but had attained a much larger size than usual. Near the end of the year it became apparent that this hypothesis was correct, because, as the mode at about 160 millimeters decreased in importance, the portion of recoveries of 1960 tags also decreased. At the same time the mode at about 140 millimeters persisted, and the recovery of 1961 tags continued at about the same rate.

Investigation of the feeding habits of the anchoveta continued on a limited scale as time permitted. The enumeration of the organisms found in the stomachs of adult (demersal-feeding) fish has been completed. They feed principally by ingesting mud from the bottom, along with detritus and mud-dwelling organisms, mostly diatoms. *Melosira sulcata, Coscinodiscus* spp., and *Thalassionema nitzschioides,* all diatoms, are the most

numerous in the stomachs. *Melosira* is a demersal diatom, while *Coscinodiscus* and *Thalassionema* are pelagic forms which probably settle to the bottom before they are consumed. *Coscinodiscus* were observed in every stomach, and in relatively constant amounts, while *Melosira* and *Thalassionema* fluctuated greatly in abundance, and were sometimes entirely absent. *Melosira* was dominant in the areas to the east of the entrance of the Panama Canal, particularly from Panama Viejo to Rio Pacora. To the west of the entrance of the Canal, however, it was only a minor item of the diet, being replaced by pelagic forms. Other important constituents of the food are the diatoms, *Sceletonema costatum, Actinoptychus undulatus,* and *Nitzschia* spp.

The enumeration of the organisms in the stomachs of juvenile (pelagic-feeding) anchovetas has not yet been completed. However it has been observed that small crustaceans and pelagic diatoms are the most important food items. Even allowing for the smaller sizes of the juvenile fish, the amount of food found in their stomachs is much less than that found in the stomachs of adult fish.

Investigations in Ecuador

Routine sampling of the clupeid and engraulid fishes of the Gulf of Guayaquil was initiated in July 1961. The collections are based on monthly samples from the shrimp trawlers working off Playas and Puerto Bolivar, as well as beach-seine collections from Posorja, Data Lagoon and occasionally from Santa Elena. These will serve as the fundamental material for a taxonomic study of the local clupeid and engraulid populations. Incidental to a general taxonomic study, some effort is being directed towards obtaining information about the life history and ecology of the anchoveta and the commercially important clupeoids (e.g., thread herrings) in the Gulf of Guayaquil and off the Ecuadorian coast.

Limited time has been allotted for an expansion of fish sampling methods i.e., experimental trawls using different mesh sizes, cast nets, and gill nets. In addition, zooplankton hauls were initiated in December, and various larval fishes are expected to be collected in this manner.

Starting in December 1961, local cast-net fishermen and tuna fishermen in Manta will supplement these fish collections with samples from the open ocean areas off Puerto Lopez and Manta.

During 1962, one trip will be made to collect clupeoid samples from the beaches of Isla Puna and from the southwest portion of the Gulf, and a periodic collection program will be attempted in Esmeraldas, which will capitalize on the abundant catches of the local shrimp fishery.

To date 9 species of anchovies and 6 species of herring have been identified. They are listed below:

ENGRAULIDIDAE	*CLUPEIDAE*
Anchoa curta	*Ilisha fürthi*
Anchoa ischana	*Neopisthopterus tropicus*
Anchoa lucida	*Opisthonema libertate* (?)
Anchoa naso	*Opisthopterus dovi*
Anchoa panamensis	*Opisthopterus equatorialis*
Anchoa spinifer	*Lile stolifera*
Anchoa starksi	
Anchovia macrolepidota	
Cetengraulis mysticetus	

Of these listed species, *Anchoa curta, Anchoa ischana, Anchoa lucida, Anchoa panamensis, Anchoa spinifer,* and *Anchovia macrolepidota* have been examined more closely to determine the range of meristic characters, and to compare these with previous findings in other areas of the Eastern Tropical Pacific Ocean. From the specimens studied, all counts were within the ranges described by Peterson and by Hildebrand. No new species or distinctive morphological or meristic differences were noted between the Guayaquil clupeoids and those reported by Peterson or Hildebrand.

Length-frequency measurements have been taken for the anchoveta, *Cetengraulis mysticetus,* and the resultant data plotted for the months of July, October, and December. The size range for these months varied from 120 mm. to 160 mm. with the mode varying from 144 mm. to 150 mm. Sufficient data are not yet available even to speculate on the number of age groups and growth rates. Since all of the anchoveta samples during 1961 have come from shrimp trawls, the data will not eliminate the trawl effect (mesh size allowing small specimens to escape) or demonstrate limited fishing areas (areas fished which may or may not have a complete clupeoid population). A planned extension of sampling methods (e.g., experimental try nets with varying mesh sizes) will help to determine how great these two factors are.

APENDICE A

INFORME SOBRE LAS INVESTIGACIONES DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL CORRESPONDIENTE AL AÑO 1961

por

Milner B. Schaefer, Director de Investigaciones

La Comisión Interamericana del Atún Tropical está autorizada y obligada por la Convención a llevar a cabo un amplio programa de investigaciones científicas a fin de proporcionar la información requerida para mantener los stocks de atún y de los peces de carnada para la pesca de éste a niveles que permitan cosechas máximas sostenibles año tras año, así como una base firme para formular recomendaciones a los Gobiernos Miembros con el objeto de emprender una acción conjunta cuando sea necesario y administrar las pesquerías en forma adecuada para tal fin. Estas investigaciones son efectuadas por un personal científico independiente, reclutado internacionalmente y directamente empleado por la Comisión. Los estudios se efectúan por medio de diferentes líneas de investigación dirigidas hacia el logro de un conocimiento detallado de la estructura de las poblaciones, la biología, ecología, historia natural y dinámica de las poblaciones de los atunes tropicales, así como de las principales especies usadas como carnada, investigaciones que están dirigidas particularmente a lograr una comprensión adecuada de los efectos de la pesca y de los factores independientes de la pesquería sobre la abundancia, estadísticas vitales y rendimiento que estos peces son capaces de mantener.

El laboratorio principal de la Comisión está instalado en la Institución Scripps de Oceanografía, La Jolla, California. También operan laboratorios y estaciones regionales en San Pedro, California, y en Costa Rica, Panamá, el Ecuador y el Perú. El trabajo en estos laboratorios se coordina con el de otros grupos de investigadores gubernamentales, internacionales y universitarios que estudian la oceanografía y los recursos marinos del Océano Pacífico Oriental, y una buena parte de nuestra investigación se efectúa en estrecha cooperación con estas instituciones cuyas actividades se relacionan con las nuestras.

El programa de investigaciones, que se encuentra actualmente en su año undécimo, se ha concentrado con mayor fuerza sobre el atún aleta amarilla porque desde el principio fué evidente que esta especie sería la primera que iba a necesitar medidas de conservación. El barrilete, que ha sido y sigue siendo explotado menos intensivamente, también se ha estudiado al mismo tiempo que el atún aleta amarilla, pero dándole menor preferencia porque las posibilidades humanas y las facilidades de que la Comisión dispone no han sido suficientes para estudiar ambas especies de atún en la forma tan extensa como podría desearse. Con el logro de la completa utilización de los recursos del atún aleta amarilla, que ya se

ha alcanzado, se espera que aumente rápidamente la explotación del barrilete, lo que demandará un aumento en el esfuerzo de la investigación sobre esta especie.

Durante el año pasado se ha reducido mucho la investigación sobre los peces de carnada debido a que el cambio del método de la pesca con carnada viva al de pesca con redes de cerco ha hecho menos urgente que anteriormente el resultado de estos estudios y, al mismo tiempo, fué necesario reducir las actividades de investigación porque los Gobiernos Miembros fallaron en apropiar los fondos requeridos para el programa completo de trabajo recomendado por la Comisión. Al mismo tiempo, debido a la falta de fondos ha sido necesario limitar la investigación sobre la estructura de las poblaciones de atún y sobre su ecología en relación con su ambiente oceánico a menos de lo que se había previsto.

A pesar de la forzada reducción del programa de investigaciones recomendado, se ha hecho un buen progreso en importantes líneas de estudio. Sin embargo, tropezamos con serias deficiencias en el desarrollo de dicho programa, especialmente en lo que se refiere al costoso trabajo en el mar, lo que debe ser rectificado si es que se desea que la Comisión continúe en condiciones de cumplir sus obligaciones adecuadamente.

A continuación se da una breve descripción de las actividades de investigación durante el año, preparada con la colaboración de los miembros del personal científico:

1. Compilación de las estadísticas de la captura total, del volumen y del éxito de la pesca, y de la abundancia de las poblaciones de peces

Una tarea central de nuestro personal, la cual provee datos básicos fundamentales para gran parte de nuestra investigación sobre la dinámica y ecología de los stocks de atún, es la recolección continua de las estadísticas de los desembarques, de los registros de los diarios de pesca, y datos afines, requeridos para medir las cosechas anuales de las poblaciones de peces, su abundancia aparente y el volumen del esfuerzo de pesca al que dichas poblaciones están sujetas y evaluar los cambios en la distribución geográfica de los stocks comerciales en relación con los cambios en su medio ambiente.

Se recolectan esencialmente las estadísticas completas de la captura total de cada una de las especies tropicales de atún en el Pacífico Oriental obtenida por barcos de todas las naciones que pescan ahí, así como la información detallada sobre la captura y el esfuerzo, por estratos de tiempo y área, sirviéndonos de los registros de los diarios de pesca e información afín que obtenemos de una parte muy grande de las flotas pesqueras. Se obtienen también datos similares de la mayor parte de la flota de clíperes respecto a las capturas de las especies de peces de carnada para el atún. El análisis de estos datos hace posible evaluar los efectos de la pesca sobre las poblaciones de peces, y mantener a la Comisión informada sobre las condiciones que prevalecen en las poblaciones, así como sobre el volumen del esfuerzo de pesca a que cada una está sujeta en relación

a las condiciones correspondientes al promedio máximo de rendimiento sostenible. La información sobre los cambios en la abundancia aparente, por áreas y estaciones, juntamente con la información correlativa sobre los cambios en los factores del ambiente oceánico, es también esencial para comprender los cambios en la abundancia que son independientes de la pesquería, la disponibilidad para la captura y la producción.

Estadísticas de la captura total de atunes

Ya se han descrito anteriormente los métodos de recolección y compilación de las estadísticas de las capturas totales de atún, por especies. Estos datos se obtienen no solamente de las naciones miembros, sino también de todos los países cuyas embarcaciones pescan en el Océano Pacífico Oriental Tropical. Los datos resultantes están completos en esencia, a pesar de que faltan registros de muy pequeñas cantidades de atunes pescados y consumidos localmente en algunos lugares de Latinoamérica, y de que los datos respecto a las capturas de atunes desembarcados en el Japón (recibidos de la Japanese Fishery Agency) no son muy completos. Creemos que la falta de algunos datos ha sido una fuente insignificante de error en años pasados, pero con la creciente participación de barcos japoneses en la pesquería de atún aleta amarilla en el área de nuestro interés, es importante que la recopilación de estos datos mejore mucho.

En la Tabla 1 se muestra, desde el año 1940, el monto de cada una de las especies tropicales desembarcadas en los Estados Unidos, o transbordadas congeladas, y los desembarques totales de estas especies pescadas en el Pacífico Oriental procedentes de todas partes. Los datos correspondientes a 1961 están completos en esencia, aunque puede haber correcciones de poca importancia después de la revisión final de los datos básicos.

Los desembarques totales de atún aleta amarilla durante 1961 llegan a cerca de 235 millones de libras, que es sólo un poco más de lo que se pescó durante 1960, y está bastante cerca del pronóstico de 240 millones de libras hecho por nuestro personal científico cuando se efectuó la Reunión Especial de la Comisión en septiembre. Parece entonces que no ha habido un aumento apreciable en la captura total a pesar del considerable aumento en el esfuerzo de pesca, como se demostrará más adelante. Sin embargo, hubo un marcado cambio de 1960 a 1961 en la distribución de las capturas por áreas; la captura de la región al norte de los 15°N mostró una merma muy notoria, y las de frente a la América Central un correspondiente aumento. Este cambio del origen de los desembarques probablemente se puede atribuir a dos factores: (1) Disminución de la abundancia del atún aleta amarilla en la región norte, debido a una pesca muy intensa allí durante 1960, y un consecuente cambio del esfuerzo de pesca hacia el sur. (2) Continuación del régimen de la temperatura del océano a valores inferiores al promedio, lo que da como resultado un aumento en la concentración del atún aleta amarilla cerca del centro de su radio de acción. Debe anotarse, sin embargo, que, como se demostrará

Tabla 1. Captura de Atunes Aleta Amarilla y Barrilete en el Océano Pacífico Oriental. 1940-1961

en millones de libras

	Desembarcado en los Estados Unidos o transbordado congelado*				Captura total, Pacífico Oriental				
Año	Atún aleta amarilla	Barrilete	No identificado por especies	Total	Atún aleta amarilla	Barrilete	No identificado por especies	Total	% Atún aleta amarilla
1940	113.9	56.6	....	170.5	114.6	57.6	....	172.2	67
1941	76.7	25.6	....	102.3	76.8	25.8	....	102.6	75
1942	41.5	38.7	....	80.2	42.0	39.0	....	81.0	52
1943	49.3	28.9	....	78.2	50.1	29.4	....	79.5	63
1944	63.1	30.0	1.1	94.3	64.1	31.2	1.1	96.4	66
1945	87.3	33.3	....	120.6	89.2	34.0	....	123.2	72
1946	128.4	41.5	....	169.9	129.7	42.5	....	172.2	75
1947	154.8	52.9	....	207.8	160.1	53.5	....	213.6	75
1948	199.8	60.9	0.2	260.9	200.3	61.5	7.3	269.1	76
1949	191.7	80.6	1.2	273.5	192.5	81.0	9.2	282.7	70
1950	204.7	126.8	....	331.5	224.8	129.3	....	354.1	63
1951	181.8	118.3	3.7	303.9	183.7	121.1	3.7	308.5	60
1952	191.3	89.2	2.8	283.3	192.2	90.8	4.5	287.5	68
1953	138.3	133.6	....	271.9	138.9	133.7	1.6	274.2	51
1954	135.0	172.2	0.1	307.3	138.6	173.7	1.5	313.8	44
1955	135.4	127.1	....	262.5	140.9	128.0	....	268.9	52
1956	169.0	148.5	....	317.5	177.0	150.3	....	327.3	54
1957	152.5	126.9	....	279.4	161.9	128.3	1.3	291.5	56
1958	141.9	158.3	....	300.2	149.9	164.9	0.4	315.2	48
1959	131.3	165.0	....	296.3	145.4	177.6	....	323.0	45
1960	225.7	92.6	....	318.3	234.2	110.5	0.7	345.4	68
1961 (1)	225.9	118.7	....	344.6	234.5	139.4	....	373.9	63

* Incluyendo Puerto Rico
(1) Datos preliminares

más adelante, la abundancia del atún aleta amarilla, medida según la captura por día de actividad de los barcos rederos, fué notoriamente más baja durante 1961 que en 1960 en ambas regiones. De este modo, casi no hay duda de que con el aumento del esfuerzo de pesca durante 1961 ha habido una reducción progresiva en los stocks de atún aleta amarilla, y que éste es el factor principal que limita la captura total a pesar de la intensificación del esfuerzo de pesca.

Es de anotarse que los *desembarques* de atún constituyen una subestimación de la *captura* real, porque algunos peces se pierden después de la captura. Estas pérdidas ocurren por la rotura ocasional de las redes y se deben también a que algunos peces que no llegan al tamaño mínimo legal en el Estado de California tienen que ser descartados tanto por los barcos de carnada como por los rederos. Como la parte de la captura de los barcos rederos ha aumentado considerablemente durante los tres últimos años, según se indica en la Tabla 3, las estadísticas de los años recientes en la Tabla 1 son subestimaciones progresivas de la verdadera captura.

Con el cambio de gran parte de la flota pesquera al sistema de redes, los desembarques de barrilete disminuyeron notoriamente en 1960. Sin embargo, durante 1961 ha habido un considerable recobro en los desembarques de esta especie, lo que se puede atribuir a diversos factores: (1) El promedio de la abundancia aparente del barrilete (medida por los barcos de carnada) aumentó un poco. (2) Con la merma en la abundancia del atún aleta amarilla, los rederos dieron más atención a la pesca de barrilete, con algún éxito en áreas hacia el sur de la América Central, pero con poco éxito en las áreas del norte. (3) Ha habido un aumento en el esfuerzo de pesca de las embarcaciones locales en aguas frente a la parte norte de Sudamérica.

Tabla 2. Número de los barcos de carnada y rederos con base en puertos de los Estados Unidos (incluyendo Puerto Rico).

Clase de tamaño	Capacidad en toneladas	1956	1957	1958	1959	1960	1961
		BARCOS DE CARNADA					
1	Menos de 51	12	11	12	13	10	11
2	De 51-100	11	11	8	8	7	4
3	De 101-200	43	43	35	30	22	17
4	De 201-300	66	60	57	46	11	1
5	De 301-400	32	35	36	33	17	11
6	De más de 401	11	10	11	10	3	0
		175	170	159	140	70	44
		BARCOS REDEROS					
1	Menos de 51	0	0	0	1	1	0
2	De 51-100	12	9	8	5	4	3
3	De 101-200	50	39	34	39	43	48
4	De 201-300	2	2	2	6	23	34
5	De 301-400	0	0	0	2	12	22
6	De más de 401	0	0	0	0	0	7
		64	50	44	53	83	114
	Total de la flota	239	220	203	193	153	158

Habiéndose excedido durante 1961 el punto del rendimiento máximo sostenible correspondiente al atún aleta amarilla, se espera que durante 1962 habrá una disminución substancial en las capturas de esta especie, a pesar de un mayor aumento en el esfuerzo (a menos que la pesca y el esfuerzo sean limitados por reglamentaciones conforme ha sido recomendado por la Comisión). Los pescadores se verán forzados a dar más atención a la pesca de barrilete el que hasta ahora ha sido pescado a un nivel inferior al del rendimiento maximo sostenible y en consecuencia se espera que los desembarques de esta especie exhiban un aumento substancial durante el próximo año.

Tabla 3. Porcentaje, por especies, de los desembarques efectuados por los barcos de carnada con base en California.

Año	Atún aleta amarilla	Barrilete
1948	81.9	92.3
1949	86.6	94.1
1950	80.6	89.6
1951	90.8	88.7
1952	82.8	87.2
1953	73.1	90.8
1954	85.9	87.8
1955	77.8	88.8
1956	72.9	95.3
1957	76.5	93.5
1958	66.4	92.5
1959	49.5	87.8
1960	22.9	74.7
1961	12.6	30.0

Cambios en las flotas pesqueras

Durante 1961 continuó la tendencia de las embarcaciones con base en los Estados Unidos hacia el predominio de la pesca con redes de cerco en lugar de la pesca con carnada viva. La Tabla 2 resume los cambios de 1956 a 1961 en la composición de las flotas de clíperes y rederos. Además de los barcos que operan desde puertos de los Estados Unidos que aparecen en esta tabla, hubo 17 clíperes y 8 barcos rederos de extenso radio de acción que pescaron atunes tropicales desde puertos de América Latina durante 1961. Varios de los barcos anotados como clíperes durante 1961 han sido posteriormente convertidos a barcos rederos; al finalizar dicho año, había solamente 33 unidades en la flota regular de los barcos de carnada que operan desde puertos de California.

El mayor predominio de la pesca con redes se refleja también en la Tabla 3, en la que se muestra la proporción de los desembarques de cada una de las especies de atún efectuados por los barcos de carnada con base en California. La proporción de la captura de atún aleta amarilla realizada por los barcos de carnada continuó disminuyendo con la conversión de más embarcaciones al sistema de pesca con redes. Una disminución aún mayor ocurrió en la proporción de la captura de barrilete efectuada por los clíperes, lo que reflejó tanto la transformación de los barcos como una creciente explotación del barrilete de parte de los rederos, acompañada de un descenso en el éxito de la pesca de atún aleta amarilla.

La capacidad total de transporte de pescado correspondiente a los barcos de largo radio de acción ascendió a 38,000 toneladas al finalizar el año 1961, ya que la entrada de tres nuevas embarcaciones grandes (dos unidades militares convertidas y un barco recientemente construído) más que compensó por el hundimiento de cuatro embarcaciones y la paralización de varias otras. Tres barcos que anteriormente operaban en el Pacífico Oriental continuaron sus operaciones en el Atlántico frente a la costa occidental de Africa, pero su éxito en esa zona no ha sido tan remarcable como para hacernos creer que se producirá un gran éxodo de más pesqueros hacia esa área. Como actualmente están en construcción varios otros barcos rederos grandes, parece que habrá un mayor aumento en la potencia total de pesca, a pesar de la probable paralización de otros pequeños barcos con base en los Estados Unidos, cuya operación llegará a ser antieconómica.

Además de lo dicho anteriormente, parece haber una tendencia hacia un aumento en el esfuerzo de los barcos pequeños que operan desde puertos de la América Latina. También parece existir un aumento muy apreciable de los barcos con base en el Japón que pescan con palangre en el Pacífico Oriental, aunque desafortunadamente no hemos logrado obtener información precisa sobre ésto.

Estadísticas de 1961 sobre las especies de carnada

El número de los barcos de carnada que operan desde puertos de la costa occidental de los Estados Unidos se redujo considerablemente durante 1961 a causa de la continua conversión al sistema de pesca con redes de cerco, así como por los hundimientos y la paralización de algunas unidades viejas. Por primera vez en varios años ningún barco de carnada descargó pescados en Puerto Rico.

En 1961, las embarcaciones que descargaron el 98 por ciento de los atunes tropicales obtenidos por los barcos de carnada con base en los Estados Unidos llevaron cuidadosos registros de las cantidades de cada clase de peces de carnada capturados y de las localidades de captura. El monto de la carnada empleada para capturar el dos por ciento restante del tonelaje ha sido estimado al suponer que la proporción del monto de cada clase de carnada usada, con relación a la cantidad de atunes capturados, es la misma que la del tonelaje sobre el cual hemos obtenido datos de los diarios de pesca. Combinando las pescas estimadas y las registradas se obtiene la estimación de la captura total de toda la flota de los Estados Unidos.

Las cantidades estimadas de cada clase de peces de carnada capturados en 1961 aparecen en la Tabla 4, con datos comparativos correspondientes a los años 1956-1960. La Figura 1 presenta gráficamente la captura de carnada, por clases, correspondiente a cada año desde 1946. Estas estadísticas no incluyen la carnada pescada por los barcos que operan desde puertos latinoamericanos, ni tampoco las capturas de unos pocos barcos pequeños de California que ocasionalmente pescan atunes tropicales. Se

Tabla 4. Cantidades estimadas* y porcentajes de las diferentes clases de peces de carnada capturados por los clíperes** de 1956 a 1961.

	1956		1957		1958		1959		1960		1961	
	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje
Anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)*	1667	45.6	2070	55.8	1515	34.0	649	21.8	416	34.9	211	32.5
Sardina de California *(Sardinops caerulea)*	362	9.9	290	7.8	601	13.5	290	9.7	110	9.2	106	16.3
Sardina sureña *(Sardinops sagax)*	152	4.2	38	1.0	141	3.2	110	3.7	82	6.9	8	1.2
Anchoa norteña *(Engraulis mordax)*	594	16.2	547	14.8	736	16.5	190	6.4	212	17.8	179	27.5
Anchoa sureña *(Engraulis ringens)*	355	9.7	410	11.1	1169	26.3	1484	49.8	214	17.9	88	13.5
Sardina de California y anchoa norteña mezcladas y no identificadas separadamente	38	1.0	30	0.8	57	1.3	30	1.0	6	0.5	2	0.3
Arenque *(Opisthonema, Harengula)*	363	10.1	193	5.2	102	2.3	75	2.5	64	5.4	26	4.0
Salima *(Xenocys jessiae)*	27	0.7	17	0.5	16	0.4	24	0.8	15	1.2	14	2.2
Misceláneos y no identificados	95	2.6	112	3.0	110	2.5	128	4.3	74	6.2	16	2.5
Totales	3653		3707		4447		2980		1193		650	

*En miles de "scoops"

**Barcos con base en los puertos de la costa oeste de los Estados Unidos y Puerto Rico en los años 1956-1960 y en puertos de la costa oeste de los Estados Unidos en 1961.

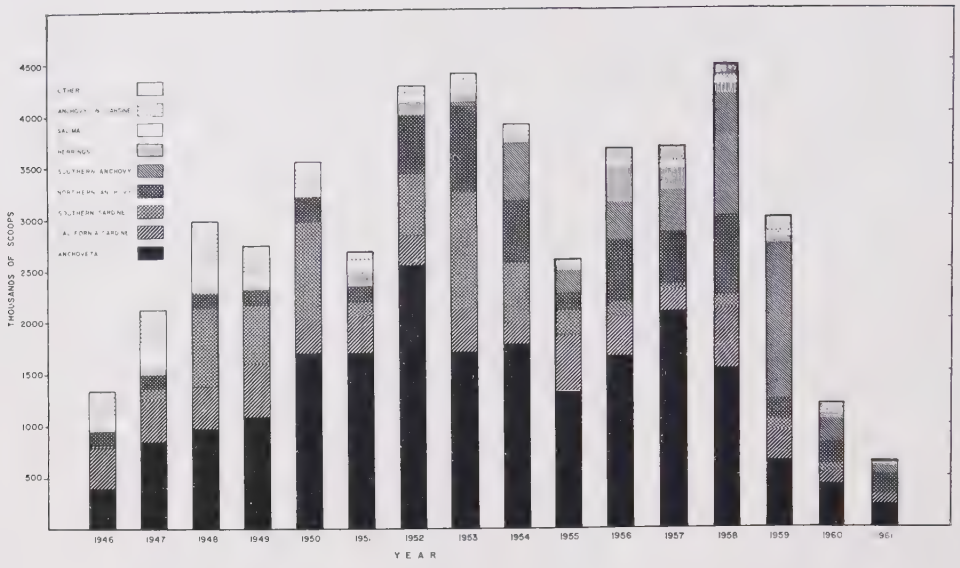

FIGURA 1. Captura total estimada de los peces de carnada, por clases realizada por los barcos atuneros de los Estados Unidos, de 1946-1951.

estima que los barcos de carnada que pescaron desde puertos latinoamericanos en 1961 capturaron alrededor de 375,000 "scoops" de carnada.

La reducción en el número de barcos activos dió como resultado la pesca de carnada más pequeña desde el período de la posguerra. La cantidad total de carnada que emplearon las embarcaciones de los Estados Unidos en 1961 fué de solamente 650,000 "scoops", comparada con 1,193,000 en 1960, 2,980,000 en 1959 y 4,447,000 en 1958. Es evidente que el descenso abrupto en el monto de los peces de carnada empleados durante los cuatro años pasados es concomitante con la conversión de un importante sector de la flota de barcos de carnada al sistema de pesca con redes de cerco.

La anchoveta fué la más importante especie de carnada que se usó en 1961, constituyendo un 32.5 por ciento de la pesca total de estas especies. La anchoa del norte y la sardina de California figuran con 27.5 por ciento y 16.3 por ciento, respectivamente, de la captura total, ambos considerablemente más altos en relación con la pesca del año 1960. Esto es un reflejo de la composición de los elementos restantes de la flota de clíperes que en su mayor parte son barcos pequeños de menos de 150 toneladas de capacidad que pescan al norte del Golfo de Tehuantepec.

En el Golfo de Panamá, en donde la población de anchovetas mantiene dos pesquerías, la de carnada y la de harina de pescado, la abundancia de la población de anchovetas medida por medio de la captura por día de actividad de los barcos de carnada permaneció a un alto nivel. La abundancia aparente fué de 690 "scoops" por día de actividad, ligeramente más alta que en 1960 y cercana a la cifra promedio de los años anteriores, lo que indica que las dos pesquerías no han afectado apreciablemente el stock.

Medida de los cambios en la abundancia de los atunes

Durante 1951 y 1952, el personal de la Comisión estableció un sistema de registro detallado de los diarios de pesca para vigilar las actividades diarias de las flotas atuneras. Desde entonces hemos podido obtener información detallada de casi todos los barcos de las flotas que operan desde puertos de los Estados Unidos (incluyendo Puerto Rico) y de las embarcaciones con base en México, Costa Rica, Colombia, el Ecuador y el Perú. La información contenida en los registros de los diarios de pesca proporciona la base para nuestra estimación anual de la abundancia aparente de los atunes aleta amarilla y barriletes medida por medio de la captura por día de actividad de los barcos pesqueros.

El promedio de la captura de ambas especies por día de actividad se computa separadamente con respecto a las diversas clases de tamaño de los barcos y a cada sistema de pesca. Mediante la aplicación de factores de eficiencia, basados en la comparación de las capturas de barcos de distintas clases de tamaño que pescan juntos en las mismas épocas y en las mismas áreas, sobre la base de una clase de tamaño tomada arbitrariamente como estándar, la cual se puede comparar de año en año, es posible combinar los datos correspondientes a las diferentes clases de tamaño de los barcos, para cada sistema de pesca separadamente, con el objeto de llegar a un solo factor de estimación para cada sistema.

La captura por día de actividad mide la abundancia de cada una de las especies de atún según la aprecian los pescadores. Dicha medida es afectada tanto por la abundancia real de los peces en el área como por las variaciones de un año a otro en su disponibilidad para la captura. Estas últimas, sin embargo, se promedian sobre una serie de años, de modo que las tendencias en la abundancia aparente reflejan las tendencias en la abundancia real.

Tabla 5. Captura por día de actividad, por clase de equipo, especies y clase de tamaño de los barcos, de 1959 a 1961 (barcos de los Estados Unidos solamente).

	Atún aleta amarilla			Barrilete		
Clase	**1959**	**1960**	**1961**	**1959**	**1960**	**1961**
			BARCOS DE CARNADA			
1	1439	2160	789	2171	1270	2310
2	1786	3223	2437	2045	2293	2359
3	4516	6595	4379	3077	3108	3637
4	5746	5950	—	7732	4951	—
5	5236	8686	10746	15749	9136	8696
6	7012	6588	—	24001	10716	—
Promedio estandarizado (Clase 4)	5220	6892	7065	9220	6097	5919
			BARCOS REDEROS			
1	—	—	—	—	—	—
2	9424	6752	4355	2004	468	50
3	14085	14649	10032	2635	1361	1250
4	20507	21589	14315	4069	1414	3601
5	21737	26926	15903	3258	1373	7282
6	—	—	11560	—	—	10920
Promedio estandarizado (Clase 3)	14680	16031	*	2736	1156	*

* No se dispone todavía de los factores de eficiencia.

Cambios recientes en la captura por día de actividad

En la Tabla 5 se muestran los valores de la captura por día de actividad correspondientes a los tres últimos años, tanto de los barcos rederos como de los clíperes con base en puertos de los Estados Unidos, incluyendo Puerto Rico, por clases de tamaño. Los porcentajes estandarizados también aparecen en dicha tabla, excepto los que corresponden a los barcos rederos en el año 1961 para los cuales no tenemos todavía los factores de eficiencia.

Durante 1961, el número de los barcos de carnada restantes en la flota, especialmente en las clases de tamaño más grandes, es tan reducido que no permite una estimación de confianza de la abundancia aparente en todo el radio de la pesquería. Los datos de las tres clases de tamaño más pequeñas son de utilidad, sin embargo, para indicar la abundancia en las regiones norteñas en donde operan. Estos datos indican una disminución substancial en la abundancia aparente del atún aleta amarilla, lo que concuerda con los datos de los barcos rederos más pequeños que pescan en la misma región. Sin embargo, la captura de barrilete por día de actividad de los barcos de carnada más pequeños aumentó algo en relación con los dos años anteriores.

La captura por día de actividad de todas las clases de barcos rederos indica una marcada disminución en la abundancia del atún aleta amarilla. La declinación en la abundancia aparente de esta especie, según la encontraron los barcos rederos, se registró generalmente en todo el año y en regiones tanto al norte como al sur de los 15°N (lo cual, como se ha dicho en otra oportunidad, puede coincidir aproximadamente con la localización de una subdivisión de la población del atún aleta amarilla del Pacífico

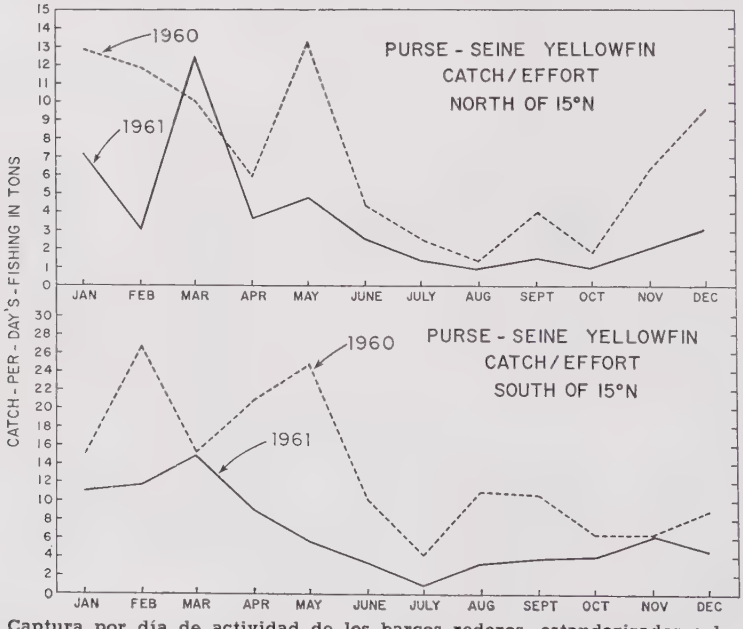

FIGURA 2. Captura por día de actividad de los barcos rederos, estandarizados a la Clase 3, por zonas de pesca, en 1960 y 1961.

Oriental en dos componentes parcialmente independientes). Esto se ilustra en forma más amplia en la Figura 2, en donde se muestran los valores mensuales de la captura por día de actividad correspondiente a los años 1960 y 1961 (usando los factores de eficiencia de 1960 para estandarizar ambas series a la Clase 3) en las regiones al norte y al sur de los 15°N.

No se cree que la captura de barrilete por día de actividad de los barcos rederos sea una medida que sirva para estimar la abundancia de esta especie, ya que es evidente, en los últimos años por lo menos, que los barcos más grandes de este tipo pescan preferentemente atunes aleta amarilla y evitan los barriletes si los primeros se encuentran en suficiente abundancia. Se cree que el aumento en las capturas de barrilete realizadas en 1961 por los barcos rederos refleja la mayor atención que estos barcos dieron a la pesca de esta especie como resultado de la disminución en la abundancia de los atunes aleta amarilla.

Series a largo plazo de las medidas de la abundancia

A pesar de que anteriormente hemos computado índices de la captura por día de actividad, tanto para los barcos de carnada como para los rederos, por varias razones solamente se usaron los datos de los primeros para las series a largo plazo de las estimaciones de la abundancia:

1. La mayor parte de la captura de ambas especies de atún fué hecha por los barcos de carnada durante el período 1934-1959.
2. En general, los barcos de carnada pescaron en todo el radio de la pesquería durante todos los meses del año, mientras que las actividades de los barcos rederos estuvieron más restringidas tanto en el tiempo como en el espacio.
3. No ha habido un cambio substancial en los métodos de pesca con carnada durante estos años, de modo que el éxito de la pesca proporciona estimaciones comparables de la abundancia aparente de un año a otro.
4. En general hubo menos variabilidad al azar en la medida de la abundancia aparente según las capturas de los barcos de carnada que la de las capturas de los barcos rederos.

Con la conversión de muchos de los barcos que pescaban con carnada al sistema de pesca con redes de cerco, el número de los primeros y su parte de la captura descendió rápidamente durante el período 1959-1961, de modo que en el último año los barcos rederos llegaron a ser el elemento absolutamente dominante de la flota. En consecuencia, llegó a ser imperativo conseguir, de ser posible, índices de la abundancia empleando los datos de los barcos rederos, los que pudieran compararse con las series de datos de los barcos de carnada de años pasados. Esto ha sido particularmente imperativo para el atún aleta amarilla, ya que nuestros continuos estudios de la dinámica de su población dependen, en gran parte, de esta serie de datos estadísticos.

En consecuencia, durante 1961 hemos dedicado intensos esfuerzos para desarrollar un método apropiado que permita la estimación de un

índice de la abundancia aparente del atún aleta amarilla, comparable con la medida de la abundancia aparente según los datos de los barcos de carnada, empleando los datos sobre el éxito en la pesca de los barcos rederos modernizados. Este estudio se ha hecho basándose en comparaciones de las capturas por medio de los dos sistemas, por estratos de tiempo y de área, durante 1959 y 1960, cuando ambos sistemas operaban juntos en número adecuado en todo el radio de la pesquería. Los resultados de este estudio se publican detalladamente en nuestra serie de *Boletines,* y sólo serán resumidos brevemente en el presente informe.

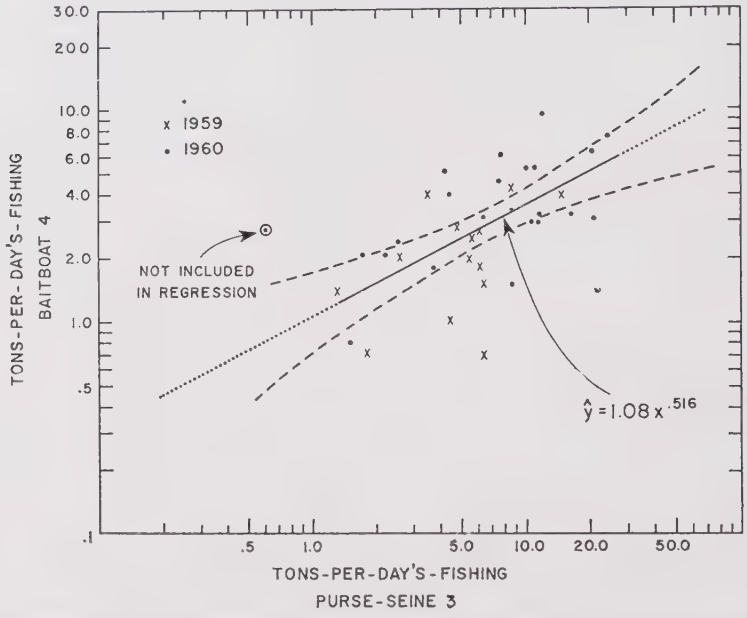

FIGURA 3. Relación entre el promedio estandarizado de la captura por día de actividad de los barcos de carnada y de los rederos, por estratos de mes-división, durante 1959 y 1960.

El promedio de la captura por día de actividad de los barcos rederos (estandarizados a la Clase 3) y el promedio de la captura por día de actividad de los barcos de carnada (estandarizados a la Clase 4) fueron computados para cada mes por áreas de cinco grados en las que se pescó con ambos sistemas de pesca al mismo tiempo, y los valores de las áreas de cinco grados fueron promediados para cada una de las tres divisiones mayores del Pacífico Oriental. Los valores comparativos resultantes, correspondientes a cada estrato de mes-división, aparecen graficados en la Figura 3, en donde puede observarse que aunque hay una dispersión bastante grande existe una relación significativa entre las dos variables, la cual es lineal en los logaritmos. La línea continua, para la cual se muestra también la fórmula, es la línea de los valores medios de la captura de los barcos de carnada por día de actividad estimados por medio de la captura de los barcos rederos por día de actividad. El 95 por ciento de los límites de confianza sobre los promedios se muestra por medio de las dos líneas a guiones. Está indicado que, conforme aumenta la abundancia del atún aleta amarilla, la captura de los barcos rederos por día

de actividad aumenta mucho más rápidamente que la de los barcos de carnada, y la relación promedio es expresada por $Y = 1.08\ X^{0.516}$, que puede emplearse para estimar la abundancia del atún aleta amarilla en unidades de los barcos de carnada (Y), dadas las estimaciones de la abundancia en unidades de los barcos rederos (X) por estratos de mes-división. Desde luego, ésto puede combinarse con la estimación de los barcos de carnada. Entonces podemos computar para un año dado cuatro medidas de la abundancia aparente del atún aleta amarilla:

1. La captura de los barcos de carnada por día de actividad expresada en unidades de los barcos de carnada de la Clase 4.
2. La captura de los barcos rederos por día de actividad expresada en unidades de los barcos rederos de la Clase 3.
3. La captura de los barcos rederos por día de actividad expresada en unidades de los barcos de carnada de la Clase 4.
4. La combinación de las estimaciones 1 y 3, ponderadas según el esfuerzo, para dar una estimación en unidades de los barcos de carnada de la Clase 4, mediante el uso de los datos de ambos sistemas de pesca combinados.

Mayores detalles sobre estos cálculos se darán en un *Boletín* sobre este estudio que está actualmente en prensa.

En la tabla que damos a continuación presentamos una comparación del cálculo de la abundancia aparente por los cuatro métodos, correspondientes a los años 1959 y 1960:

Año	Captura por día de actividad, en libras (según los datos de los diarios de pesca)			
	Método 1	Método 2	Método 3	Método 4
1959	4,982	13,951	6,185	5,525
1960	7,640	15,983	6,616	6,817

Los resultados obtenidos son de lo más estimulantes, ya que las diferencias entre las estimaciones comparables obtenidas por los Métodos 1, 3 y 4 para ambos años son menores y dentro del margen de la variabilidad casi aleatoria del índice a largo plazo de los barcos de carnada.

Desafortunadamente, no ha sido posible aplicar las mismas técnicas para la continuación del índice a largo plazo de la abundancia aparente del barrilete, debido a que los barcos rederos han estado pescando atún aleta amarilla en forma selectiva. En consecuencia, debemos contentarnos con la serie de datos de los barcos de carnada solamente, en lo que se refiere a aquella especie, por lo menos hasta el momento en que puedan hacerse las estimaciones para los barcos rederos sin la influencia de la abundancia del atún aleta amarilla. Es casi probable que en el futuro *no* será posible derivar un índice para el barrilete que pueda compararse con la antigua serie de datos de los barcos de carnada.

2. Estado actual de las poblaciones de atunes

Atún aleta amarilla

Como en años anteriores, en la Figura 4 presentamos las estísticas de la captura total, de la abundancia aparente y del esfuerzo total corres-

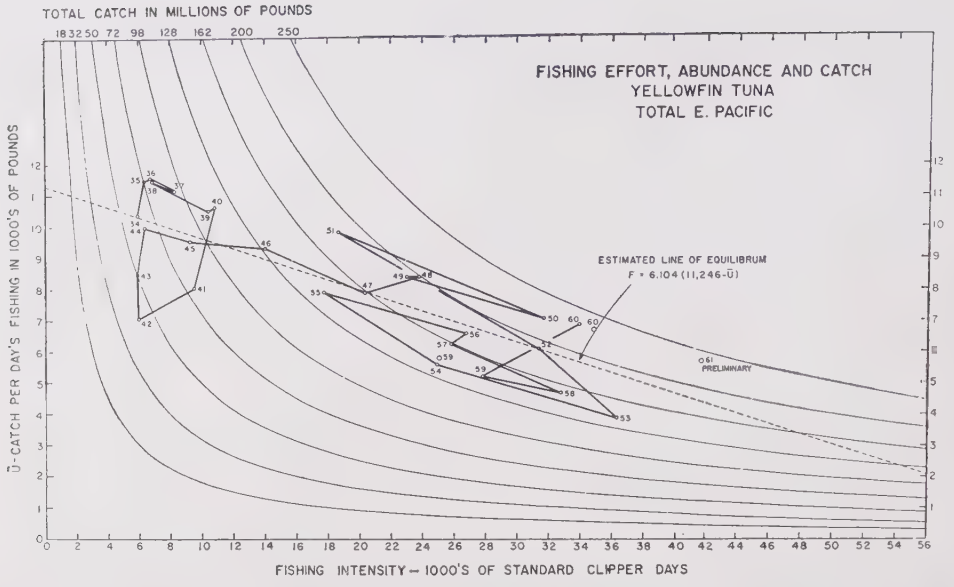
TOTAL CATCH IN MILLIONS OF POUNDS
18 32 50 72 98 128 162 200 250
FISHING EFFORT, ABUNDANCE AND CATCH
YELLOWFIN TUNA
TOTAL E. PACIFIC
ESTIMATED LINE OF EQUILIBRUM
F = 6.104 (11,246-Ū)
PRELIMINARY
Ū-CATCH PER DAY'S FISHING IN 1000'S OF POUNDS
FISHING INTENSITY — 1000'S OF STANDARD CLIPPER DAYS

FIGURA 4. Relación entre el esfuerzo de pesca, la abundancia aparente y la captura total de atún aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental, de 1934-1961. (Los puntos conectados por las líneas sólidas están basados en la abundancia medida por los barcos de carnada solamente. Los puntos aislados que corresponden a 1959-1961 están basados en la abundancia medida por los datos de los barcos de carnada y de los rederos combinados).

pondientes al conjunto de la población de atún aleta amarilla del Pacífico Oriental Tropical. En este gráfico se muestra (como ordenadas) la captura estandarizada por día de actividad de los barcos de carnada y (como abscisas) el esfuerzo total de pesca en unidades estándar de los barcos de carnada, para cada uno de los años del período 1934-1960. También se indica la captura por día de actividad, en unidades de los barcos de carnada, correspondiente a los años 1959, 1960 y 1961, calculada según los datos *combinados* de los barcos de carnada y de los rederos, como se indicó anteriormente, y el correspondiente esfuerzo total de pesca en unidades de los barcos de carnada. Por supuesto, el esfuerzo total y la captura total están basados, en ambos casos, en los desembarques totales de todas las fuentes de abastecimiento. Las líneas de igual captura total (el producto del esfuerzo y de la captura según el esfuerzo) aparecen como hipérbolas en el gráfico.

La línea a guiones en dicho gráfico representa la relación promedio entre el esfuerzo de pesca, la captura según el esfuerzo y la captura total, derivada de los datos hasta 1955, según ha sido descrita en informes anuales y *Boletines* anteriores. Puede observarse que los puntos correspondientes a los valores reales continúan coincidiendo con los valores esperados. El punto de 1961 es una estimación "preliminar" ya que, como se dijo anteriormente, todavía no son definitivos los datos sobre la captura total y tampoco tenemos a mano todos los datos para la estandarización final de la estimación de la abundancia aparente según las capturas de los barcos rederos. Sin embargo, el valor definitivo quedará bastante cerca de esta estimación "preliminar".

En el último informe anual se anotó que, durante 1960, el nivel del esfuerzo de pesca había alcanzado el valor correspondiente al promedio máximo de rendimiento sostenible del atún aleta amarilla (alrededor de 195 millones de libras en aproximadamente 35,000 días estándar de pesca), y que era de esperarse que un mayor aumento en el esfuerzo y en la captura reduciría la población a un nivel debajo del que podría mantener cosechas máximas continuas. Debido a factores económicos y a otros, y al desarrollo de nuevas pesquerías en el Atlántico, en aquel entonces parecía posible que la pesquería de atún podría estabilizarse por sí sola cerca del nivel de rendimiento máximo sostenible. Sin embargo, subsecuentes acontecimientos indicaron que el caso no era ése, y un análisis de los datos hasta mediados del año 1961 nos llevó a predecir que a pesca de todo el año sería de unos 240 millones de libras, con el esfuerzo subiendo sobre el nivel deseado. Consecuentemente, la Comisión, después de considerar ésto y otras evidencias en detalle, recomendó restringir la pesca a partir de 1962 para restablecer la población de atún aleta amarilla ligeramente sobrepescada y ponerla en condiciones de dar un rendimiento promedio máximo sostenible.

Como hemos observado anteriormente, parece que la intensidad de la pesca no reglamentada aumentará aún más durante 1962. Esto dará como resultado una disminución en la abundancia del atún aleta amarilla. A los niveles actuales de la abundancia de la población, no es de esperar que la pesca pueda alcanzar los niveles de 1960 ó de 1961, aún con el mayor aumento esperado en el esfuerzo.

Creemos que casi no puede haber duda de que la población de atún aleta amarilla ha quedado reducida actualmente a un nivel debajo del correspondiente al rendimiento máximo sostenible, y que un mayor aumento en el esfuerzo de pesca dará como resultado un promedio de captura aún más bajo. Sin embargo, la rapidez con que la captura total sostenible puede mermar con un esfuerzo incrementado es todavía una cuestión sin resolver. De acuerdo a un modelo matemático (correspondiente a la línea a guiones que aparece en la Figura 4 como "línea estimada de equilibrio"), el cual implícitamente asume que el reclutamiento depende de la densidad, la captura sostenible declinaría mucho más rápidamente que bajo la suposición de un modelo alternativo en donde el reclutamiento es independiente de la densidad. Esto fué discutido en mayor detalles en el Informe Anual correspondiente a 1960, que pueden consultar los lectores interesados. Si los Gobiernos deciden diferir las reglamentaciones sobre la pesca del atún aleta amarilla, los datos del próximo o de los próximos dos años serán, en consecuencia, de un considerable interés teórico.

Los datos de los experimentos de marcación, los estudios de la composición de tamaño y otras líneas de investigación indican que las zonas más o menos al norte de los 15°N y al sur de esa latitud pueden estar habitadas por subpoblaciones de atunes aleta amarilla por lo menos parcialmente independientes, las cuales, sin embargo, se entremezclan algo

en una extensa área cerca del Golfo de Tehuantepec, pero todavía no se sabe si hay cruzamiento entre ellas. Hemos hecho algunos análisis preliminares de los datos de la captura y del esfuerzo en las dos regiones, separadamente; sólo disponemos de tales datos desde 1946, pero no son muy dignos de confianza sino hasta después de 1950. Los análisis preliminares indican que, si estamos tratando con poblaciones separadas, la de la zona norte probablemente tiene un rendimiento máximo sostenible de aproximadamente 86 millones de libras, mientras que la de la zona sur probablemente tiene un rendimiento máximo sostenible de alrededor de 108 millones de libras. Sin embargo, la captura por día de actividad en la zona sur disminuye más rápidamente con el aumento del esfuerzo, y el rendimiento máximo corresponde a un valor más alto de la captura por día de actividad que en la zona norte. Como estas diferencias en la dinámica de los componentes corresponden al hecho económico de que un barco que parte del sur de California (en donde ahora tiene su base la mayor parte de la flota) requiere una captura mayor por día de actividad en la zona sur para que se considere de valor un viaje hasta allá, parece que hay una buena posibilidad de que los dos componentes tiendan a ser explotados aproximadamente en el mismo grado con relación al rendimiento máximo sostenible. Por otra parte, parece que los barcos rederos tienen mucho más éxito en la captura de barrilete en la zona sur, lo que conduciría a que fuera económico someter al atún aleta amarilla de aquella zona a un mayor grado de sobrepesca. De esta manera, a pesar de que las limitadas pruebas de que disponemos indican que, inicialmente, la reglamentación sobre la pesca de atún aleta amarilla debería ser para toda la población de atunes, puede que más tarde se pruebe que es necesario tartar las dos zonas separadamente. Sin embargo, para contar con una base adecuada para hacer ésto, se requiere un conocimiento profundo de la dinámica de las dos subpoblaciones si es que en realidad se trata de unidades separadas. Esto, a su vez, debe depender de un conocimiento más claro de la estructura de la población y de los hábitos migratorios de estos componentes.

Barrilete

En la Figura 5 se muestra la serie histórica de las medidas de la captura total de barrilete, de su aparente abundancia y del esfuerzo hasta 1960, juntamente con los valores preliminares correspondientes al año 1961. En esta serie, la captura por día de actividad está basada solamente en las Clases 1 a 4 de los barcos de carnada, estandarizados a la Clase 3 igual que en el pasado. Como se dijo enteriormente, los datos de los barcos de carnada correspondientes al año 1961 son demasiados escasos para proporcionar una estimación digna de confianza de la abundancia del barrilete, pero como no tenemos los medios para emplear en esta serie los datos de las barcos rederos nos vemos forzados a usarlos. Estos datos indican que la abundancia aparente del barrilete durante 1961 fué ligeramente más alta que en el año anterior, acercándose al promedio a largo plazo. Con un aumento en el esfuerzo de pesca total, la captura subió

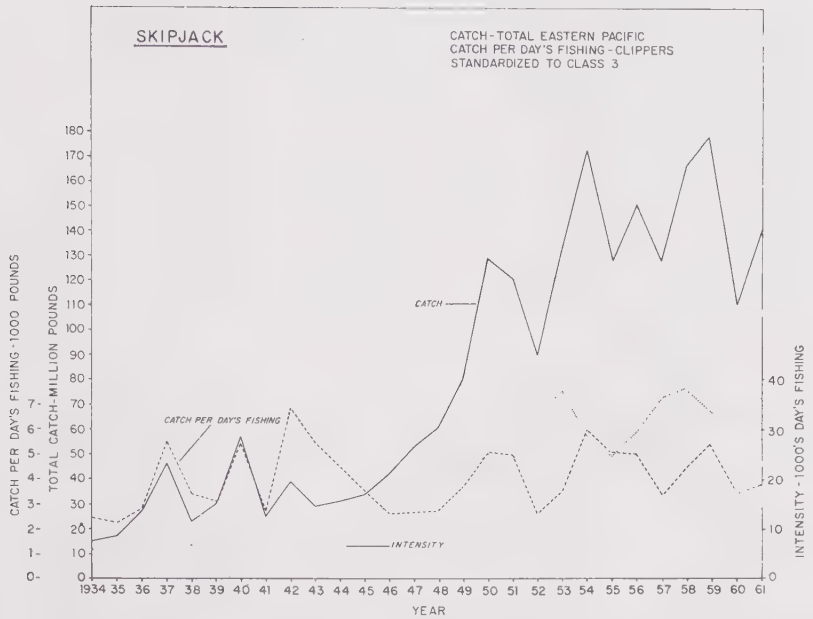
SKIPJACK
CATCH-TOTAL EASTERN PACIFIC
CATCH PER DAY'S FISHING-CLIPPERS
STANDARDIZED TO CLASS 3
CATCH PER DAY'S FISHING-1000 POUNDS
TOTAL CATCH-MILLION POUNDS
INTENSITY-1000'S DAY'S FISHING
CATCH
CATCH PER DAY'S FISHING
INTENSITY
YEAR
1934 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61

FIGURA 5. Captura total, captura estandarizada por día de actividad (índice de los barcos de carnada) e intensidad estimada de la pesca de barrilete en el Océano Pacífico Oriental, de 1934-1961. (Los datos de 1961 son preliminares).

notablemente sobre el año anterior y alcanzó el quinto lugar entre los valores más altos registrados.

Debemos hacer notar una vez más, como lo hemos hecho anteriormente, que no hay una relación mensurable entre el esfuerzo de pesca y la abundancia aparente del barrilete. A los niveles actuales del esfuerzo de pesca y de la captura, esta especie permanece subexplotada y puede soportar mayor producción. Esto probablemente será realizado durante 1962 y en el futuro.

3. Otros estudios de las estadísticas de las capturas de atún

Los datos obtenidos de los diarios de pesca de los barcos atuneros, e información afín, se usan también para estudiar los cambios en la distribución geográfica y temporal de los atunes, la distribución del esfuerzo de pesca con relación a la distribución de los peces, y algunos aspectos de los hábitos gregarios de los atunes y de las operaciones de las flotas en relación con ellos.

Compilaciones trimestrales y mensuales

Los datos sobre la captura, el esfuerzo y la captura por unidad de esfuerzo, obtenidos de un 90 por ciento de la totalidad de los viajes de los barcos rederos y de los barcos de carnada, son tabulados rutinariamente por trimestres, por áreas geográficas de un grado, y se publican periódicamente para que otros científicos y miembros de la industria pesquera puedan hacer uso de ellos.

Los datos originales son archivados mensualmente, así como por trimestres, en tarjetas perforadas y se emplean en estudios diversos. Las

tabulaciones por meses, por áreas geográficas de cinco grados, correspondientes a los años 1951 a 1960, han sido preparadas para su publicación, de modo que estos datos también quedarán a la disposición de los pescadores y de los científicos.

Indice de concentración

Durante el año 1961 hemos continuado con el análisis de los datos sobre la captura y el esfuerzo, con el propósito de computar un índice que mida el grado al que la flota atunera es capaz de concentrar su esfuerzo en áreas en las que la abundancia de atún es más alta que el nivel promedio. Este índice de "concentración" es una proporción de dos medidas de la aparente densidad de la población, una de las cuales es ponderada por área de pesca, mientras que la otra no lo es. El método de computación del índice ha sido descrito en un informe anual anterior, así como en trabajos científicos publicados en nuestra serie de *Boletines*. Este índice ha sido calculado, sobre una base trimestral, tanto para el atún aleta amarilla como para el barrilete, así como para las dos especies combinadas, para los años 1951 a 1960. Un análisis detallado, relacionado principalmente con el índice de concentración del barrilete de 1951 a 1959, para los barcos de carnada, así como para las especies combinadas, ha sido terminado durante el año y publicado en uno de nuestros *Boletines*.

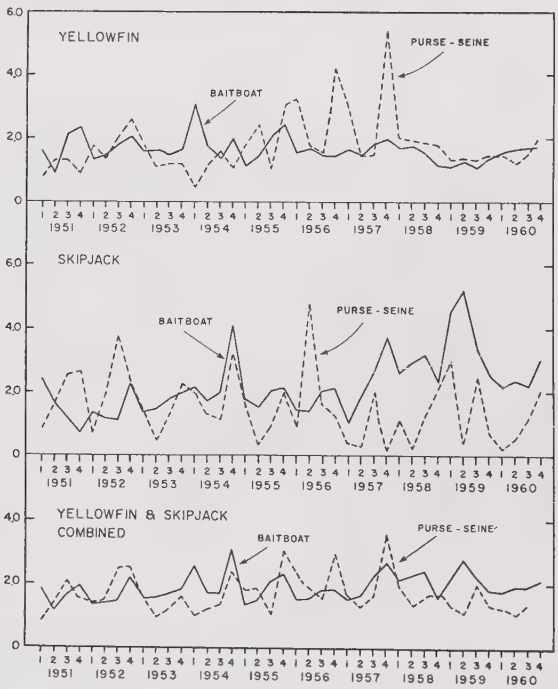

FIGURA 6. Indices de concentración, por trimestres, de 1951-1960.

Los índices de concentración correspondientes a los barcos rederos han sido también calculados para el período 1951-1960 y se muestran en la Figura 6 juntamente con los índices de concentración de los barcos de carnada.

Con anterioridad a 1958, el índice de concentración correspondiente al atún aleta amarilla, para los barcos rederos, exhibió una variación considerablemente mayor que el de los barcos de carnada. El índice de concentración de estos últimos barcos varió de 0.90 a 3.01, mientras que el de los rederos osciló entre 0.46 y 5.40. El coeficiente de variación del índice de concentración de los barcos de carnada es de 0.227 y el de los rederos de 0.519. En estos años, el esfuerzo de los barcos rederos fué generalmente bajo en los trimestres tercero y cuarto, ya que la mayoría de los barcos que entonces estaban en la flota operaban solamente en la zona norte, y en el segundo semestre del año cambiaban para dedicarse a otras pesquerías (sardinas). Esto tendió a aumentar la variabilidad de trimestre a trimestre del índice de concentración porque permitió que cambios relativamente pequeños en la captura por día estandarizado de actividad en unas pocas áreas de un grado causaran grandes variaciones en los índices de densidad. Los dos puntos más altos en el índice de concentración de los barcos rederos fueron de 4.22 en el cuarto trimestre de 1956 y de 5.40 en el cuarto trimestre de 1957. En el último trimestre de 1956, los barcos rederos pescaron en 37 áreas de un grado, pero el 97 por ciento de la captura provino de dos áreas de un grado en las que se encuentran las Islas Socorro y San Benedicto del grupo de las Revillagigedo. En el último trimestre de 1957, la captura y el esfuerzo fueron extremadamente bajos. Sólo se pescó en 13 áreas de un grado y las dos mismas áreas de un grado contribuyeron con el 99.8 por ciento de la captura. En circunstancias como éstas, el índice de concentración tiene muy poca confianza estadística.

Desde 1958 hasta 1960, el índice de concentración de los barcos rederos ha estado mucho más estable y se mantiene muy cerca del valor del índice de concentración de los barcos de carnada. En 1959 y en 1960, debido a la conversión de muchos de los grandes barcos de carnada al sistema de pesca con redes de cerco, la flota de rederos ha comenzado a operar en un área más extensa y durante todo el año. Esto ha contribuído problemente a la estabilización del índice de concentración de los barcos rederos.

Es difícil tratar sobre el índice de concentración de los barcos rederos en lo que se refiere al barrilete debido a la captura extremadamente pobre registrada en un gran número de trimestres. De los 40 trimestres de la serie, hubo 22 en que la captura no llegó a 1,000 toneladas y 13 en que no alcanzó las 500. El índice de concentración de los barcos rederos fué menos de 1.00 en 13 trimestres. Teóricamente ésto indica que el esfuerzo fué distribuído entre las áreas de un grado en una forma menos ventajosa que si hubiese sido distribuído al azar. Esto indica que la flota de rederos, en general, estuvo pescando atún aleta amarilla selectivamente, y que la captura de barrilete fué incidental, por lo menos en muchas áreas y temporadas. Las cifras de la captura total muestran también ésto. En el período de diez años, la captura de los barcos rederos ha sido aproximadamente de 82 por ciento de atún aleta amarilla. En el mismo período, la captura de los barcos de carnada ha sido aproximadamente de 51 por ciento de dicha especie.

El índice de concentración de los barcos rederos, respecto al atún aleta amarilla y al barrilete combinados, es más estable que el de cualquiera de las dos especies individualmente consideradas. Varía en valores desde un bajo 0.81 en el primer trimestre de 1951 a un alto 3.63 en el último trimestre de 1957. El coeficiente de variación es 0.357, que es más bajo que el de cualquiera de las especies separadamente, pero más alto que el índice de los barcos de carnada para las dos especies combinadas.

Se examinó también la relación entre los índices de concentración de los barcos de carnada y de los rederos. Los valores trimestrales del índice de los barcos rederos fueron graficados contra los valores correspondientes del índice de los barcos de carnada, y se computó el coeficiente de correlación. Estos cálculos se hicieron para el atún aleta amarilla solo y para las dos especies combinadas, y corresponden a las series 1951-1960 y 1952-1960. Ninguno de los coeficientes de correlación se aproximó a un valor significante. Los datos fueron entonces modificados mediante la eliminación de todas las áreas de un grado que habían recibido menos de cinco días de esfuerzo registrado en los diarios de pesca en un trimestre, y se repitieron los cálculos. Nuevamente, ninguna de las correlaciones se aproximó a un valor significante. En consecuencia, no parece que haya una relación consistente entre los índices de concentración de los barcos de carnada y de los rederos.

Relación entre el clima del océano y la distribución de las capturas de atunes aleta amarilla y barriletes

Como se informó anteriormente, miembros de nuestro personal y científicos de instituciones que cooperan con nuestra Comisión han estado dedicados al estudio de la relación entre el régimen de la temperatura del mar y la distribución geográfica de las capturas de atún, y han demostrado una relación muy clara entre los dos, especialmente cerca de los extremos norte y sur de la región de los atunes tropicales. Se espera que los resultados de algunos de estos estudios estarán listos para su publicación durante el año venidero.

Durante los dos últimos años, nuestros colegas del U. S. Bureau of Commercial Fisheries han establecido la compilación y publicación sobre una base continua de cartas mensuales de las temperaturas de la superficie del mar, para lo que emplean los informes de los barcos mercantes, de las embarcaciones pesqueras y de estaciones seleccionadas de la costa, informaciones que comprenden la región entera del Pacífico Oriental. Estas cartas están aún en forma de bosquejo en lo que se refiere a la región al sur del ecuador debido a la falta de un sistema de información de parte de los barcos mercantes que navegan en aquella área; como ahora se ha establecido tal sistema, las cartas están mejorando cada mes. Dichas cartas, juntamente con nuestros informes corrientes sobre el éxito en la pesca de atún, han demostrado ser muy útiles para observar la relación entre el clima del océano y las capturas de atún sobre una base casi periódica. Como existe un alto grado de persistencia en los cambios climatéricos, o sea que las tendencias de calentamiento y enfria-

miento continúan típicamente en un período de varios meses, las relaciones observadas tienen también algún valor predictivo. De este modo, no sólo nos encontramos en condiciones de medir por lo menos en una forma general algunas de las variaciones "independientes de la pesquería" en la distribución y abundancia de los atunes, sino también de preverlas hasta cierto grado.

Análisis de las capturas de los barcos rederos

Una parte muy considerable de los capitanes de los barcos rederos llevan para nosotros registros en los diarios de pesca de cada vez que calan sus redes y de las capturas resultantes. El estudio de estos registros nos proporciona información sobre la naturaleza de las operaciones de esta flota. Como cada calada se hace en un solo cardumen de peces, estos datos también proporcionan información sobre los hábitos gregarios de los atunes. Por ejemplo, podemos determinar qué proporción de la captura proviene de cardúmenes puros de una sola especie, y qué proporción proviene de cardúmenes constituídos por una mezcla de las dos especies. Si se pudiera asumir que una calada con éxito captura un cardumen completo de atunes, o captura, en promedio, una porción constante de cada cardumen, los datos podrían darnos un medio para estudiar la naturaleza de las agrupaciones de los atunes. En el curso de los años hasta 1958, durante los cuales la flota de rederos cambió muy poco sus características y sus métodos de operación, una presunción de tal naturaleza parecía ser por lo menos aproximadamente útil y, en consecuencia, en los estudios publicados en nuestra serie de *Boletines* empleamos para aquellos años la captura por calada con éxito como una medida del tamaño del cardumen.

Con la rápida evolución de la moderna flota redera que emplea redes más grandes, y con los cambios en los métodos, debe hacerse un análisis cuidadoso y detallado de los datos de cada calada. Como lo hemos indicado en nuestro informe del último año, estamos efectuando tales análisis.

Porcentaje de caladas con éxito

Los atunes escapan a menudo de la red antes de que ésta pueda cerrarse. Cuando todos o casi todos los peces se escapan, la calada se registra como infructuosa. Nosotros registramos como "calada" con éxito sólo si se captura por lo menos ¼ de tonelada de atún. La siguiente tabulación presenta el número de las caladas con éxito e infructuosas, por cuatro regiones, durante 1960:

Región	Caladas con éxito	Caladas infructuosas	Total de caladas	Porcentaje con éxito
Al norte de los 20°N	1,701	1,361	3,062	55.6
15°N—20°N	2,069	1,750	3,819	54.2
5°N—15°N	1,049	1,019	2,068	50.7
Al sur de los 5°N	108	90	198	54.9
Total	4,927	4,220	9,147	53.9

Como puede observarse, el porcentaje de las caladas con éxito es similar en todas las regiones, a pesar de que la cifra correspondiente a la región 5°N-15°N es significativamente más baja que las otras. El por-

centaje de caladas con éxito no ha cambiado mucho, si es que ha habido cambio alguno, desde los primeros años de al pesca.

Captura por calada con éxito

En la Tabla 6 hemos tabulado el número registrado de caladas con éxito y el promedio de captura correspondiente, para las diferentes clases de tamaño de barcos, en las dos zonas (al norte y al sur de los 15°N), así como en toda la región de pesca. Diversas características han sido reveladas por esta tabulación.

Tabla 6. Captura por calada con éxito (en toneladas), por clase de tamaño de los barcos rederos y por zonas, en 1960.

Clase de tamaño	Atún aleta amarilla		Barrilete		Captura mezclada		Total combinado de la captura/calada
	Caladas	Captura/calada	Caladas	Captura/calada	Caladas	Captura/calada	
Al norte de los 15°N							
1	18	6.11	(a)	—	(b)	—	6.74
2	63	11.25	(b)	—	(b)	—	10.89
3	1612	15.35	119	11.72	294	10.47	14.43
4	830	18.20	36	5.42	160	13.74	17.05
5	443	19.39	11	13.54	56	9.98	18.23
6	7	20.87	(a)	—	(a)	—	20.86
Total:	2973	16.62	169	10.46	515	11.42	15.60
Al sur de los 15°N							
1	(a)	—	(a)	—	(a)	—	—
2	(a)	—	(a)	—	(a)	—	—
3	170	20.84	7	26.14	8	27.50	21.32
4	543	22.23	83	28.43	72	23.24	23.07
5	530	23.37	13	12.46	50	44.42	24.91
6	9	20.11	(a)	—	(b)	—	19.10
Total:	1252	22.51	103	26.25	131	31.48	23.56
Total de ambas áreas							
1	18	6.11	(a)	—	(b)	—	6.74
2	63	11.25	(b)	—	(b)	—	10.89
3	1782	15.88	126	12.52	302	10.92	15.01
4	1373	19.79	119	21.47	232	16.69	19.49
5	973	21.56	24	12.96	106	26.22	21.82
6	16	20.44	(a)	—	(b)	—	19.82
Total:	4225	18.37	272	16.44	646	15.49	17.90

(a) — Cero caladas
(b) — Cinco caladas o menos

Es evidente que, en promedio, en ambas zonas existe un aumento en la captura por calada con el aumento en el tamaño de los barcos. Esto puede ser debido directamente al mayor largo y fondo de las redes empleadas por los barcos más grandes, ya que nuestra encuesta sobre el sistema de captura usado por cada barco demuestra que el tamaño de la red aumenta en forma constante con la clase de tamaño del barco. Sin embargo, ésto puede ser debido a otros factores y requiere un estudio más detenido.

Dentro de barcos del mismo tamaño existe también una diferencia significante en el promedio de la captura por calada en las dos zonas geográficas, porque las capturas son mejores en la zona sur. Estamos actualmente examinando la naturaleza de las distribuciones de la frecuencia de las capturas en diferentes áreas a fin de llegar a una mejor comprensión de estas diferencias.

Ayuda que prestan los aviones

Durante los últimos años ha ido aumentando el empleo de aeroplanos con base en tierra para explorar los cardúmenes de atunes y, en muchos casos, para dirigir la lanzada de las redes alrededor de cada cardumen. En consecuencia, es interesante examinar los efectos de ésto en las capturas resultantes. Desafortunadamente, hasta este año, los registros no eran suficientemente completos como para saber cuáles caladas eran hechas con ayuda de los aviones. Durante 1961 hemos conseguido mejorar los registros sobre este particular en los diarios de pesca de los barcos, y también hemos obtenido los registros de los diarios de vuelo que llevan los pilotos de los aeroplanos. Al comparar estos registros hemos popido identificar la mayoría de las caladas con éxito efectuadas con la ayuda de los aviones, pero creemos que todavía puede haber algunas omisiones en los registros en lo que se refiere a las caladas infructuosas. En cuanto a las caladas con éxito, hay una buena correspondencia entre los registros efectuados por los capitanes de los barcos y los de los pilotos de los aviones con respecto a las cantidades de peces anotados como capturados; una comparación de los resultados de 424 caladas registradas por capitanes y pilotos demostró un valor medio de 20.79 toneladas basándose en los datos de los diarios de pesca de los barcos y de 20.67 toneladas basándose en las anotaciones hechas en los diarios de vuelo.

Los datos respecto a la proporción de las caladas con éxito efectuadas con y sin la ayuda aérea han sido tabulados para el período enero a abril de 1961, con el siguiente resultado:

Area	Con ayuda aérea		Sin ayuda aérea	
	No. de caladas	Porcentaje con éxito	No. de caladas	Porcentaje con éxito
Al norte de los 20°N	75	77.3	338	44.4
15°—20°N	324	70.4	1,359	50.6
5°—15°N	226	76.1	1,175	58.0
Total	625	73.3	2,872	52.9

Parece que hay un marcado aumento en el porcentaje de caladas con éxito hechas con la ayuda de aeroplanos. Sin embargo, como se dijo anteriormente, hay la posibilidad de que algunas caladas infructuosas dirigidas desde el aire no hayan sido registradas como hechas con la ayuda de los aeroplanos.

El examen de las capturas hechas en las caladas con éxito registradas durante el período enero-julio de 1961 es también revelador, como se muestra en la siguiente tabulación:

Area	No. de caladas		Captura por calada	
	Con avión	Sin avión	Con avión	Sin avión
Al norte de los 20°N	117	601	18.22	11.95
15°—20°N	292	1,066	15.40	13.43
5°—15°N	256	1,388	27.00	20.25
Al sur de los 5°N	—	17	—	26.03
Total de las tres primeras áreas	665	3,055	20.36	16.24

En esta tabulación se tiene la seguridad de que todas las caladas que se registraron como hechas con la ayuda de aviones tuvieron dicha ayuda.

Unas pocas caladas registradas como sin ayuda aérea pueden en realidad haberla tenido.

Es bien notorio que las caladas con ayuda aérea dan como resultado un mayor promedio de capturas. No estamos todavía seguros de cuáles son los factores responsables; sin embargo, un examen preliminar de las distribuciones de la frecuencia de tamaños de las capturas individuales parece indicar que las caladas con ayuda aérea tienden a ser deficientes en las capturas pequeñas. Puede ser que los pilotos tiendan a escoger los cardúmenes más grandes en un mayor grado que los capitanes de barcos que operan sin la ayuda de aviones.

4. Investigación sobre la estructura de la población, las migraciones y las estadísticas vitales de los atunes

Para identificar las unidades de población que son los objetivos apropiados para el estudio de su dinámica, así como las unidades naturales para la administración de las pesquerías, se requiere el conocimiento de la estructura de la población y de las migraciones de las especies de atunes tropicales. La compleja naturaleza de las poblaciones de atún y la necesidad de efectuar en el mar gran parte del trabajo requerido, lo cual es costoso, hace lento el progreso en la resolución de estos problemas, a pesar de dedicarles mucho de nuestro esfuerzo de investigación.

Hemos estado en condiciones de demostrar que el atún aleta amarilla de la región de la pesquería americana constituye una población separada de las del oeste, en las vecindades del Hawai y de las Islas Marquesas. Sin embargo, no se puede fijar con precisión el límite geográfico occidental de la población americana. Con el desarrollo de técnicas genéticas, a las que nos referiremos más adelante (junto con los métodos para la marcación de atunes que ya han sido suficientemente desarrollados), tenemos ya los medios técnicos para estudiar este asunto de una manera efectiva, pero carecemos de los recursos financieros para efectuar las operaciones en el mar que se requieren para su aplicación fuera del radio de acción de los barcos pesqueros con base en puertos de las Américas. En el caso del barrilete, hemos demostrado que la población que mantiene la pesquería a lo largo de la costa occidental de las Américas se extiende mucho más hacia el oeste y, naturalmente, los estados reproductivos están probablemente en su mayoría muy afuera del radio de acción de la pesquería actual. Sin embargo, no sabemos exactamente hasta donde esta población se extiende hacia el oeste. Por ejemplo, no hemos estado en condiciones de demostrar, como lo hemos hecho con el atún aleta amarilla, que los peces de cerca de las Islas Hawaianas son diferentes de los de la costa occidental americana. El estudio efectivo del barrilete en mares tan alejados de la región de pesca actual demanda mayores recursos que los que tenemos a nuestra disposición. El conocimiento de hasta dónde se extienden hacia el oeste las poblaciones de atún tropical que mantienen la pesquería frente a la costa de las Américas está llegando a ser cada vez más importante debido a dos factores:

(1) Aunque los pescadores que tienen su base en las Américas

explotan solamente las poblaciones de atún aleta amarilla a lo largo de la costa, pescadores con base en el Japón pescan a través del Océano Pacífico y operan sobre todas sus poblaciones de atún aleta amarilla. Por lo tanto, es importante establecer un límite occidental apropiado para reglamentar la administración de la población de atún aleta amarilla que está bajo la jurisdicción de la Comisión. Hemos adoptado una línea provisional de demarcación para la compilación y análisis de los datos de las estadísticas de captura, la que probablemente será también apropiada en forma provisional para efectos administrativos, que se basa en muy escasos datos morfométricos y en la distribución de las áreas de concentración de las capturas. Esto, sin embargo, necesita ser mucho mejor estudiado.

(2) Habiéndose llegado a la completa utilización de los stocks de atún aleta amarilla, la pesca se está volviendo en forma creciente sobre el barrilete. Esta especie ha sido subutilizada en el pasado y, por lo tanto, el conocimiento sobre la misma no se necesitaba con tanta urgencia como sobre el atún aleta amarilla; pero con la explotación acelerada del barrilete muy pronto necesitaremos estudiar esta especie en forma más intensiva. Como elemento fundamental para una eficiente investigación sobre la dinámica de la población de barrilete, es necesario conocer la extensión geográfica y la estructura de la población con la que tratamos.

La investigación sobre la estructura de la población de los atunes tropicales, o sea la aparición y distribución geográfica de las subpoblaciones, *dentro* del área actual de explotación de las embarcaciones con base en las Américas, se efectúa por diversos medios que incluyen la marcación de especímenes, el estudio de la composición de tamaños de las capturas comerciales, y los estudios genéticos por medio de la clasificación de los tipos de sangre. Se ha dado mayor atención al atún aleta amarilla, pero se ha realizado también un trabajo considerable de investigación sobre el barrilete.

El conocimiento de las estadísticas vitales de los atunes (edad, tasas de crecimiento y de mortalidad y variaciones en la fuerza de las clases anuales) es de importancia para el estudio detallado de la dinámica de la población de ambas especies. Estos elementos se estiman principalmente a base del análisis de la composición de tamaños de las capturas comerciales, combinado con los datos de la captura según el esfuerzo, conforme se ha descrito en informes anteriores. Los datos sobre el recobro de marcas también proporcionan estimaciones independientes del crecimiento y de la mortalidad. Aunque recolectamos datos sobre ambas especies tropicales de atún, se ha dado mayor atención al análisis de la información sobre el atún aleta amarilla. El análisis de los datos sobre el barrilete también se lleva adelante pero con menor prioridad.

Composición de tamaños de la captura comercial y estudios afines

El conocimiento de la composición de tamaños de la captura comercial se obtiene mediante la recolección sistemática de muestras de la frecuencia de tamaños en los desembarques comerciales de atunes aleta

amarilla y barrilete. Las muestras se recolectan rutinariamente durante todo el año en San Diego y San Pedro, California; en Puntarenas, Costa Rica; y en puertos del norte del Perú y del Ecuador. Este programa se está llevando a cabo desde 1954 y proporciona estimaciones mensuales y trimestrales de la composición de tamaños de la captura por subáreas geográficas. Estos datos nos dan parte de nuestro conocimiento sobre las estadísticas vitales de los atunes (edad, tasas de crecimiento y de mortalidad, y variaciones en la fuerza de las clases anuales) y hacen posible el estudio de la estructura de la población por medio de la comparación de las características de la composición de tamaños entre las áreas.

Durante 1961, el esfuerzo de pesca y la captura se concentraron en el área frente a la costa centroamericana, la que contribuyó aproximadamente con la mitad de la captura total de atunes aleta amarilla en el Pacífico Oriental Tropical. En consecuencia, cada mes hemos obtenido mayor cantidad de muestras de la frecuencia de tamaños de esta importante área.

Hasta el momento, los análisis han tenido que ver principalmente con la estimación de las estadísticas vitales del atún aleta amarilla, y estas estimaciones han sido hechas casi rutinariamente. Se han comenzado estudios similares sobre el barrilete, pero no han progresado más allá de lo que se especificó en el Informe Anual correspondiente al año 1960.

Atún aleta amarilla

Gracias a la cortesía del California State Fisheries Laboratory, la Comisión obtuvo recientemente una copia de los datos sobre la frecuencia de tamaños de los atunes aleta amarilla medidos durante los años 1951-1954, o sea antes del comienzo de nuestro propio programa de muestreo. El empleo del nuevo computador I.B.M. 7090 en el Western Data Processing Center de la Universidad de California en Los Angeles permitió el rápido proceso de estos datos.

El análisis de los datos procesados ha comenzado recientemente. Se han trazado curvas suavizadas de la frecuencia de longitudes que representan la composición de tamaños de las capturas mensuales en cada área de la que se dispuso de datos suficientes. Se identificaron las clases anuales de los atunes aleta amarilla en cada área y se siguieron sus progresiones modales a través de su existencia en la pesquería. Las tasas de crecimiento de estas clases anuales parecen ser similares a las que fueron previamente determinadas para los últimos años.

Se encontró una correspondencia excelente entre los datos recolectados por el California State Fisheries Laboratory durante los años 1951-1954 y los recolectados por la Comisión Interamericana del Atún Tropical en años posteriores, respecto a que los modos de las clases anuales identificadas por los datos de 1951 a 1954 corresponden con los modos de clases anuales idénticas (a edades mayores) previamente identificadas por los datos de la Comisión del Atún.

Como se encontró que los atunes aleta amarilla de ciertas áreas eran uniformes en la composición de las clases anuales y en el crecimiento, los datos fueron combinados y agrupados en las tres siguientes regiones: 1. La Región Norte, que comprende los caladeros frente a la costa de México, incluyendo los de dentro del Golfo de California y alrededor de laś Islas Revillagigedo; 2. La Región Central, que incluye los caladeros frente a la costa centroamericana; y 3. La Región Sur, que abarca todos los caladeros al sur de los 5°N de latitud.

Como se ha demostrado en Informes Anuales anteriores y en publicaciones de nuestra serie de *Boletines,* los atunes aleta amarilla de cada región están constituídos por dos series de grupos de edades, una de las cuales entra a la pesquería en una estación con seis meses de diferencia de la otra. El componente predominante en la Región Norte ha sido

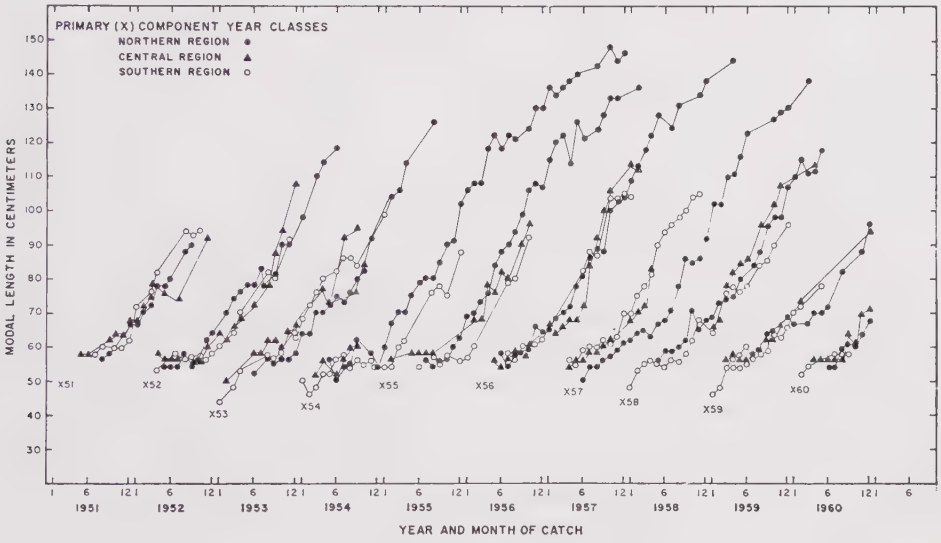

FIGURA 7. Progresiones modales de las clases anuales de los atunes aleta amarilla.

designado como "Serie X". En la Figura 7 se presentan las progresiones modales de cada una de las clases anuales de la Serie X correspondientes a las tres regiones antes mencionadas y ésto se ha hecho sobre la base de todos los datos disponibles. En esta figura se han omitido las progresiones modales de los grupos de edades más viejos presentes en las muestras de 1952 y 1953 que no pudieron ser identificados con exactitud por medio del año de su primera entrada en la captura comercial. Al presente se están estudiando estas clases anuales en las diferentes regiones para determinar si existen diferencias entre las áreas o de un año a otro en las tasas de crecimiento. Aunque todavía no se han completado los análisis estadísticos, la inspección de la Figura 7 sugiere que, de las diez clases anuales allí representadas, solamente la clase X57 es diferente de las otras. En las Regiones Central y Sur, las clases anuales X57 casi coinciden, mientras que la de la Región Norte es similar sólo al principio, y luego diverge de las otras. De este modo, con la excepción de la clase

X57 de la Región Norte, la tasa de crecimiento del atún aleta amarilla parece ser similar en las tres regiones del Pacífico Oriental Tropical durante el período 1951-1960.

Se ha observado, tanto en el Pacífico Oriental como en otras partes, que los atunes aleta amarilla más grandes y de más edad tienden a ser machos predominantemente. Esto puede ser debido a un ritmo más rápido de crecimiento de los peces machos, o bien a una tasa de mortalidad más alta en las hembras. A fin de investigar ésto y obtener datos para estudios similares sobre el barrilete, en 1959 comenzamos a recolectar información adicional sobre la composición de tamaños y de los sexos de los atunes aleta amarilla y barriletes de la pesca comercial, con el principal propósito de determinar la tasa de crecimiento de cada sexo.

Nuestras series de datos de tiempo más adecuadas son las que corresponden a los atunes aleta amarilla capturados en la Región Central. Las muestras se tomaron de los pescados obtenidos tanto por los barcos de carnada como por los rederos. La comparación de la proporción de los sexos en los atunes aleta amarilla capturados por los dos sistemas de pesca durante el segundo trimestre de 1960 indica que los rederos alcanzaron un porcentaje ligeramente más alto de machos que los barcos de carnada. El mayor porcentaje de machos fué particularmente notable en los grupos de edades mayores. En general, los rederos alcanzaron un

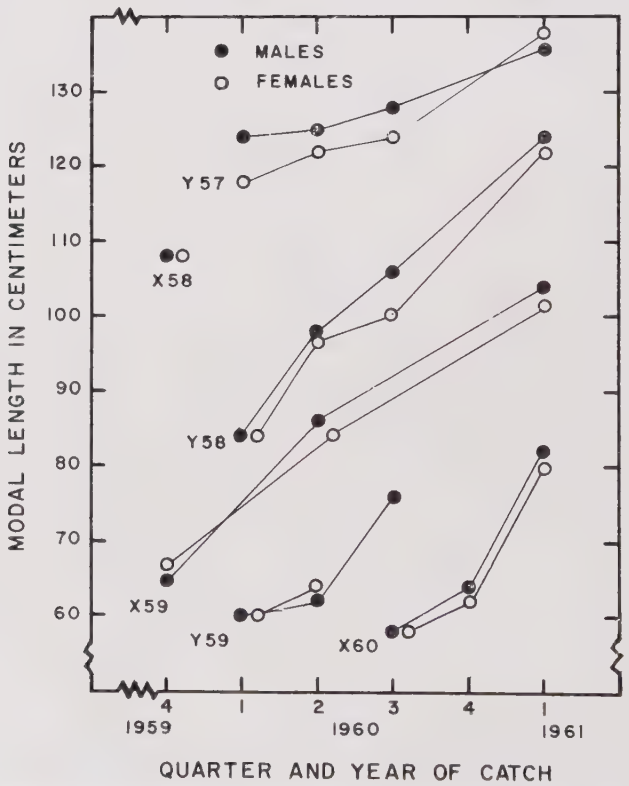

FIGURA 8. Comparación del crecimiento de los sexos de los atunes aleta amarilla, Región Central.

porcentaje más alto en los grupos de edades mayores de ambos sexos y, al contrario, los barcos de carnada alcanzaron un porcentaje mayor en los grupos de edades menores de ambos sexos. Sin embargo, para los propósitos de la comparación del crecimiento entre los sexos, las diferencias entre los datos de los barcos de carnada y los de los rederos son inconsecuentes. Por lo tanto, los datos de la composición de tamaños correspondientes a los dos sistemas de pesca fueron combinados para obtener muestras más numerosas para comparar el crecimiento por sexo en cada clase anual. Las progresiones modales de las diversas clases anuales han sido graficadas en la Figura 8. Esta figura demuestra claramente que los machos y las hembras de atunes aleta amarilla tienen esencialmente la misma tasa de crecimiento, por lo menos hasta alrededor de los 130 cm. Los datos de los atunes aleta amarilla que sobrepasan este tamaño son demasiado limitados para una comparación del crecimiento entre los sexos. Se continúan haciendo estos estudios.

Barrilete

El estudio de la composición de tamaños de los barriletes en las diferentes áreas de muestreo, sobre la base de los datos acumulados, continuó durante el año en la extensión que permitió la prioridad más alta de los estudios de los atunes aleta amarilla. Como se dijo anteriormente, los modos en las curvas de la frecuencia de tamaños en las muestras de la mayoría de las áreas exhiben progresiones que indudablemente reflejan la tasa de crecimiento de los peces. Como lo informamos el año pasado, al principio creíamos que en esta especie, como en el atún aleta amarilla, habían dos series de clases de edad reclutadas cada año con alguna regularidad para el stock comercial. Sin embargo, un estudio más detallado de los datos indica que quizás ésto no sea así. Grupos de peces del mismo tamaño (y edad) aparecen en un área y permanecen en ella durante un lapso considerable pero variable. Sin embargo, las estaciones en que aparecen estos grupos, y el número de grupos que entran cada año, son más bien variables. Puede muy bien ser que estos grupos no representen la aparición regular de cierto número de clases de edad, sino el reclutamiento variable e irregular de las camadas de peces que engrosan los stocks susceptibles de captura en las regiones de pesca. Mientras que de esta manera los datos pueden proporcionar estimaciones válidas de la tasa de crecimiento, quizás no sea posible identificar y seguir la trayectoria de las clases anuales a través de la pesquería. Estas compilaciones probablemente surgen porque la pesquería opera sólo en un sector de una población que se extiende mucho más hacia el oeste y entra en el área de pesca en tiempo y grado variables como consecuencia de las variaciones oceanográficas. Como se ha dicho en otra parte, la reproducción del barrilete aparentemente tiene lugar en gran parte fuera de la presente región de pesca.

Investigaciones por medio de la marcación de atunes

Desde el comienzo de nuestro programa de marcación a fines de 1955, el personal de la Comisión ha marcado 105,558 atunes tropicales

Tabla 7. Atunes marcados y recobros informados a San Diego, hasta el 31 de diciembre de 1961.

Crucero	Barco	Período	Area de marcación	Número de peces marcados: Atún aleta amarilla	Número de peces marcados: Barrilete	Número de peces recobrados: Atún aleta amarilla	Número de peces recobrados: Barrilete
DE CALIFORNIA							
Marcados durante 1955-1960				20,114	33,059	1,049	724
Marcados durante 1961							
37	Mary Barbara	III/8/61-V/19/61	Banco de Colombia	13	70	—	2
			Frontera Perú-Chile	—	1,283	—	3
38*	Barbara K	III/30/61-V/3/61	Golfo de Panamá	7,426	3,560	402	93
39	San Juan	VIII/2/61-X/22/61	América Central	104	193	3	3
			Golfo de Panamá	292	47	1	—
			Isla del Coco	2	3	—	—
			Islas Galápagos	156	52	1	—
40	Golden Glow	IX/9/61-X/7/61	Bancos locales	99	627	11	26
			Total de 1961	8,092	5,835	418	127
DEL PERU							
Marcados durante 1956-1960				4,453	21,754	335	684
Marcados durante 1961			Barcos de carnada	2,645	2,600	341	193
			Barcos rederos	49	131	1	—
			Total de 1961	2,694	2,731	342	193
DEL ECUADOR							
Marcados durante 1958-1960				188	3,745	8	111
Marcados durante 1961				65	2,828	7	131
			Gran Total de 1961	10,851	11,394	767	451
			Gran Total de todos los años	35,606	69,952	2,159	1,970

* Crucero fletado (en este crucero fueron también marcados 50 peces cuyo registro se perdió y por lo tanto no han sido incluídos).

en el Océano Pacífico Oriental; hasta fines de 1961, la flota pesquera comercial había recapturado 4,129 de estos peces (Tabla 7). Los recobros logrados hasta 1959 han proporcionado los datos para un reciente *Boletín* en el que se discuten las principales rutas de migración de los atunes aleta amarilla y barriletes tanto en espacio como en tiempo, así como las estimaciones del crecimiento y la dispersión de estos peces. Además, los autores de este informe investigaron la posibilidad de aplicar métodos para medir las tasas de mortalidad basándose en los datos de los recobros. Los resultados dan algún fundamento a la validez de las estimaciones sobre la mortalidad hechas de acuerdo a los estudios de la composición de tamaños.

Concurrente con la conversión de la mayor parte de la flota de barcos de carnada a barcos rederos, los que utilizan diferentes métodos en el manipuleo de los peces, una crecida proporción de los recobros de nuestras marcas durante 1961 se obtuvo de las mesas de destazo de las plantas enlatadoras de atún. De los 587 recobros en San Pedro y San Diego durante 1961, los trabajadores de dichas plantas encontraron 235 (40%). Esto es de especial importancia porque, en promedio, los datos de estos recobros son en sí menos precisos en cuanto al tiempo y al lugar de la recaptura. Esto ocurre a pesar del hecho de que generalmente podemos determinar los compartimientos de bodega de donde fueron descargados los pescados, porque algunas veces un compartimiento almacena peces de diferentes áreas y de muchos días de pesca.

Operaciones de marcación

La marcación en 1961 se efectuó durante tres viajes en barcos de carnada con base en los Estados Unidos y a bordo de bolicheras y barcos de carnada peruanos y de pequeños barcos de carnada del Ecuador, así como en una embarcación fletada especialmente con este propósito. Durante este año se marcaron 10,851 atunes aleta amarilla y 11,394 barriletes, de los cuales se recobraron 767 de los primeros y 451 de los segundos; así mismo, durante el año se recobraron 92 ejemplares de los peces que habían sido marcados y devueltos al mar durante los cruceros de 1959 y 1960. Los datos han sido resumidos por especies en la Tabla 7. Con excepción de 135 marcas de gaza colocadas en atunes liberados de las bolicheras y de 233 liberados de los barcos de carnada ecuatorianos, todas las otras marcas colocadas en peces liberados durante el año fueron del tipo de dardo descrito en nuestro último Informe Anual.

Crucero fletado en el "Barbara K"

Conforme se informó anteriormente, durante el comienzo de la primavera de 1959 realizamos un viaje para marcar atunes en aguas frente al Golfo de Panamá y vecindades. Los recobros de los peces marcados en ese viaje revistieron un enorme interés, especialmente los de los atunes aleta amarilla, los cuales se dispersaron muy rápidamente del punto de marcación y dieron como resultado recapturas desde el sur de México hasta el norte del Perú. Sin embargo, ese fué un período de temperaturas

anormalmente altas tanto frente a la América Central como en cualquier otra parte del Pacífico Oriental (hacia fines de la época de "El Niño" de 1957-1959). Con propósitos comparativos, quisimos efectuar un experimento similar en un año frío. Las temperaturas del mar en la primavera de 1961 fueron más bajas que en 1959, de modo que durante el mes de abril fletamos el barco de carnada *Barbara K.* de 170 toneladas para marcar otra vez en el Golfo de Panamá y cercanías.

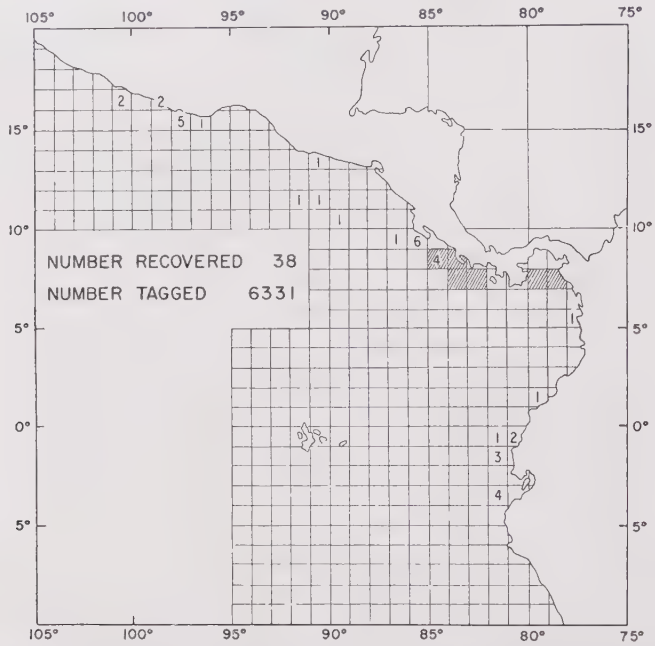

FIGURA 9. Areas y número de recapturas de los atunes aleta amarilla marcados en las áreas indicadas por el sombreado durante el crucero fletado en 1959. (No se conoce el área de recaptura de un ejemplar).

Aunque se esperan más recobros de este viaje, ya se ha recuperado un gran número de marcas; en efecto, como puede verse en las Figuras 9 y 10, la tasa de recobros del viaje de 1961 es mucho más alta que la del viaje de 1959. La comparación de las dos figuras revela que la ruta geográfica de los recobros de atunes aleta amarilla es casi la misma en los dos experimentos. Muchos atunes aleta amarilla se dispersaron rápidamente tanto hacia el norte como hacia el sur de las áreas de marcación. El punto más septentrional de las migraciones de los peces marcados en ambos años está justo al norte del Golfo de Tehuantepec, mientras que también se registró un movimiento de los atunes hacia el sur hasta el norte del Perú.

La tasa más alta de recobros en 1961 se relaciona indudablemente con diversos factores. La intensidad de la pesca en esta área fué mayor en dicho año que anteriormente. (Esto también es cierto en todo el Pacífico Oriental, lo que cuenta, en parte, por las crecidas tasas de recobro de peces marcados en otros lugares también, según puede verse en la Tabla 7). Las mejores técnicas de marcación pueden haber contribuído así mismo a disminuir la mortalidad inicial causada por esta operación.

Sin embargo, es difícil creer que cualquiera de estos factores pueda haber contado en el aumento tan grande en la tasa de recobros. Lo más probable es que debido a condiciones más favorables de la temperatura del medio ambiente, o a otros factores, los peces marcados en este crucero experimentaran una mortalidad inicial mucho más baja que los marcados en 1959. En todos nuestros experimentos, la mortalidad inicial causada por la marcación ha sido bastante alta y se cree que está relacionada con

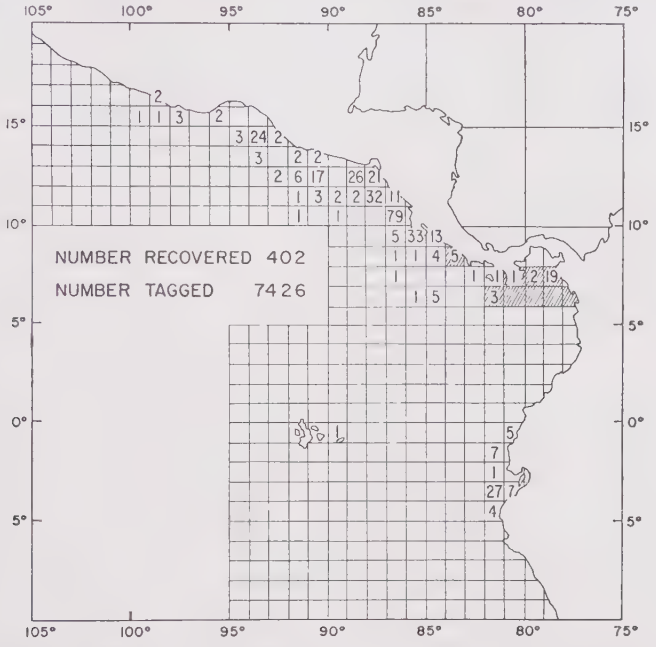

FIGURA 10. Areas y número de recapturas de los atunes aleta amarilla marcados en las áreas indicadas por el sombreado durante el crucero fletado en 1961. (No se conocen las áreas de recaptura de cinco ejemplares).

los efectos fisiológicos conectados con una deficiencia de oxígeno, a su vez relacionada con la temperatura del agua. Recientemente se han hecho algunos experimentos directos sobre ésto a los que nos referiremos más adelante.

Migraciones entre áreas

Las rutas de migraciones a larga distancia, entre las principales áreas de pesca, son de interés con respecto al conocimiento de una posible división de las poblaciones de atunes en subpoblaciones independientes o parcialmente independientes. Las migraciones entre áreas registradas en el pasado han sido graficadas en cartas geográficas y descritas en un *Boletín* recientemente publicado y en nuestro Informe Anual correspondiente a 1960. Más registros de esta clase (además de los que aparecen en las Figuras 9 y 10) se han obtenido por medio de los recobros de peces marcados durante 1961:

Un barrilete marcado frente a Bahía Tortuga, Baja California, durante septiembre de 1960, fué recapturado en marzo de 1961 frente a Roca Partida en las Islas Revillagigedo.

Un atún aleta amarilla marcado en el Golfo de Panamá durante el crucero en el buque fletado en 1961 fué recapturado en noviembre del mismo año cerca de la Isla San Cristóbal en las Galápagos.

Dos barriletes marcados en febrero de 1961 cerca de la frontera Perú-Chile fueron recapturados más de 1000 millas al norte: uno frente al norte del Perú en septiembre, y el otro frente al Ecuador en julio.

Estimaciones de las tasas de mortalidad de los atunes aleta amarilla

Durante el año hemos comenzado el análisis de los datos sobre recobros de marcas, empleando tanto los recobros de las marcas como los datos del esfuerzo de pesca, por medio de la aplicación de un procedimiento mejorado recientemente propuesto por el Sr. J. A. Gulland del Lowestoft Fisheries Laboratory (Inglaterra). La explicación de este procedimiento y de su posible aplicación a nuestros datos requiere una pequeña elucidación de la teoría.

Cuando se libera, digamos, T_o atunes marcados, algunos de ellos no sobreviven a la operación de marcación, de modo que queda un número menor, T_E, de marcas *efectivas*. Podemos suponer que

$$T_E = kT_o \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

en donde k es la fracción que sobrevive a la operación de marcación.

Después del tiempo de marcación, los peces marcados desaparecen del área de pesca debido a su captura, a muerte natural, al desprendimiento de marcas y, en algunos casos, a la emigración, de modo que el stock de peces marcados está en constante disminución. En consecuencia, el número de peces marcados presentes en cualquier momento, t, después de la marcación, es

$$T_t = T_E \, \phi \, (t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

en donde ϕ (t) es igual a 1 cuando $t = O$, y disminuye monotónicamente conforme t aumenta.

El número de peces marcados *recapturados* dentro de un corto intervalo de tiempo, en el momento t después de la marcación será, en promedio, proporcional en conjunto con el número de peces marcados presentes en el área de pesca y el volumen del esfuerzo de pesca aplicado, o sea

$$r_t = qf_t \, T_E \, \phi \, (t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

en donde r_t es el número de peces marcados recapturados, f_t es el esfuerzo de pesca aplicado al tiempo t, y q es una constante de proporcionalidad. q es la *tasa instantánea de mortalidad por la pesca por unidad de esfuerzo de pesca,* llamada también *coeficiente de capturabilidad.*

No todas las marcas *recapturadas* son *recobradas,* porque algunas pasan inadvertidas por los pescadores y por los trabajadores de las plantas enlatadoras. Si llamamos c a la fracción de recapturas que nosotros recobramos, para los recobros podemos escribir R_t, en el tiempo t

$$R_t = cr_t = cqf_t \, T_E \, \phi \, (t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

De esto se desprende inmediatamente que

$$\frac{R_t}{c \, f_t \, T_E} = q \, \phi \, (t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Este es el número de recobros, corregido por la no devolución de las marcas recapturadas, por unidad de esfuerzo de pesca y por marca efectiva liberada. Si computamos ésto por intervalos sucesivos a corto tiempo, disminuirá constantemente con el tiempo debido a la disminución en ϕ (t) pero como cuando $t = O$, ϕ $(t) = 1$, una extrapolación de la línea de mejor ajuste para retroceder al tiempo cero proporcionará una estimación de q.

Además, si las tasas de la mortalidad natural (M), de la mortalidad por la pesca (F), y de la disminución debida al desprendimiento de marcas y a otros factores (Q), son aproximadamente constantes cada una durante un experimento determinado,

$$\phi \text{ (t)} \doteq e^{-(F+M+Q)t}$$

de modo que

$$Y = \frac{R_t}{c\ f_t\ T_E} \doteq q\ e^{-(F+M+Q)t} \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

y

$$\log_e Y \doteq q - (F+M+Q)t \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

En este caso, los logaritmos de los valores sucesivos de (5) formarán una regresión lineal en el tiempo, cuya intercepción es una estimación de q y cuya gradiente es una estimación de $(F+M+Q)$.

Estas fórmulas han sido aplicadas a los datos de las liberaciones y recobros de marcas, por intervalos de tiempo apropiados para cada experimento, con el correspondiente esfuerzo de pesca según nuestros registros de los diarios de pesca, en diversos experimentos de marcación efectuados durante el período 1957-1960 en la región de pesca frente a Baja California y vecindades. Ha habido dos grupos de utilidad de liberaciones de marcas tanto en 1957 como en 1958, uno en 1959 y otro en 1960, cuyos datos sobre recobros están esencialmente completos.

Desde luego, para computar T_E fué necesario aplicar un factor de corrección, k, por la mortalidad inicial debida a la marcación. En un análisis hecho en un *Boletín* reciente por Schaefer, Chatwin y Broadhead (Vol. V, No. 5), ésto depende tanto de la temperatura del agua como del tamaño de los peces marcados. Para computar T_E con base en T_o, se emplearon las relaciones con la temperatura solamente estimadas por estos autores para la región de Baja California.

La corrección, c, por la no devolución de los peces marcados recapturados se tomó como 0.9, sobre la base de los experimentos efectuados en 1960 con peces marcados introducidos subrepticiamente en las bodegas de los barcos pesqueros. Anteriores experimentos habían llegado a un valor de alrededor de 0.5, pero más recientemente, en 1961, los experimentos indican que el valor está corrientemente más cercano a 1.0.

Los logaritmos de las recapturas, por marca efectiva, por cada mil días estándar de pesca, han sido graficados en la Figura 11 contra el tiempo y para cada uno de los experimentos, junto con las regresiones

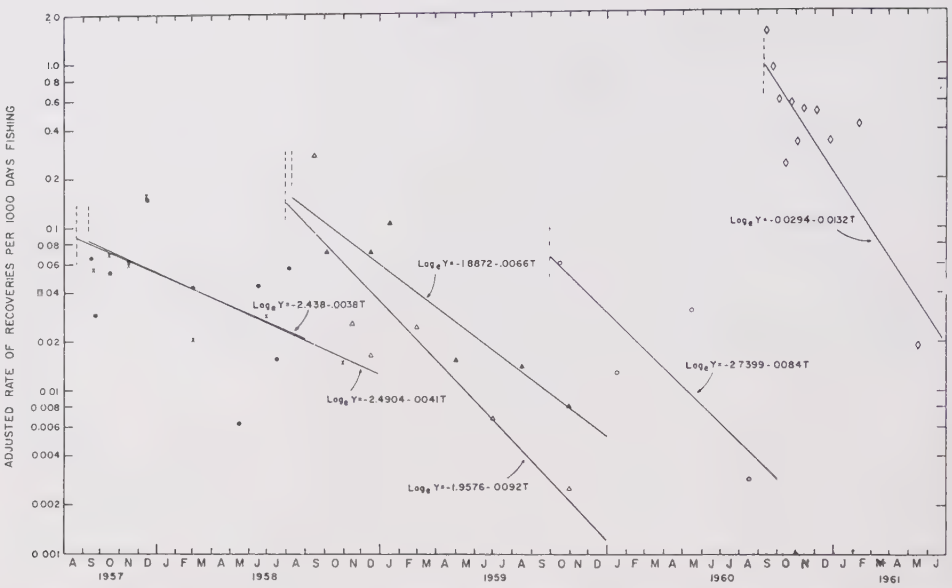

FIGURA 11. Tasas de recaptura de los atunes aleta amarilla marcados frente a Baja California, por unidad de esfuerzo.

lineales ajustadas a ellos. Los coeficientes de capturabilidad (por mil días de pesca) no son disímiles en los cinco primeros experimentos, pero el de 1960 es mucho más alto. Esto puede reflejar una vulnerabilidad real mucho más alta de los atunes en esta área durante 1960, pero puede ser debido, por lo menos en parte, a que la corrección, k, sea errónea. Por supuesto, la naturaleza altamente variable de la mortalidad inicial causada por la marcación es uno de los mayores impedimentos para el análisis cuantitativo de los datos sobre el recobro de marcas, como lo hemos visto anteriormente al comparar los recobros de las liberaciones frente a la América Central en 1959 y en 1961.

Las *gradientes* de las regresiones están sujetas a menos errores, ya que son independientes del valor de la mortalidad inicial por la marcación. En la figura puede verse que las gradientes, que son las estimaciones de $(F+M+Q)$, han aumentado en forma bastante constante desde 1957 hasta 1960. Si pudiéramos suponer que M y Q son constantes de un año a otro, ésto sería la evidencia de que F, la tasa de mortalidad por la pesca, ciertamente ha aumentado en este período.

Esperamos mejorar la aplicación de este método a los datos de ésta y de otras regiones, mediante: (1) el análisis de los datos existentes para obtener mejores estimaciones de "k" en relación con la temperatura y el tamaño de los peces, y (2) los estudios de la fisiología de los atunes en relación con la mortalidad por la marcación, para acercarnos a una mejor comprensión de todo ésto, según lo trataremos más adelante.

Genética de los atunes

Por medio de métodos inmunogenéticos, juntamente con comparaciones de las poblaciones de otras regiones, se ha continuado el estudio de la

posible presencia de subpoblaciones de atunes tropicales que se reproducen aisladamente en el Océano Pacífico Oriental Tropical. Por el momento nos hemos restringido al uso de fitohemaglutinantes. Estos se preparan por medio de la infusión salina de endospermas pulverizadas de semillas de leguminosas. Los reactivos obtenidos de esta manera, a los que llamamos extractos de semillas de leguminosas, son usados en vez de sueros inmunes o naturales para la determinación de los tipos de sangre por medio de la aglutinación de los eritrocitos. Como se anotó en el último Informe Anual, estamos en condiciones de presentar un interesante sistema sanguíneo de dos tipos de sangre que se excluyen recíprocamente en los barriletes. En aquel entonces, nuestros experimentos preliminares con la sangre de un pequeño número de atunes aleta amarilla nos dieron la evidencia de que los extractos de semillas de leguminosas también podían ser usados para clasificar los tipos de sangre de esa especie. El trabajo realizado durante 1961 ha demostrado que algunos de los extractos de semillas de leguminosas efectivamente son apropiados para la clasificación de la sangre de los atunes aleta amarilla.

Durante 1961 se efectuaron tres viajes a bordo de barcos atuneros comerciales para realizar experimentos de clasificación de tipos de sangre. En el curso de estos viajes se clasificó la sangre de 240 atunes aleta amarilla y de 178 barriletes de varias partes del Océano Pacífico Oriental Tropical mediante el empleo de varios extractos de semillas de leguminosas. Además, los Sres. W. L. Klawe y D. C. Vann de nuestro personal científico estuvieron aproximadamente seis semanas en Hawai para clasificar tipos de sangre de atunes aleta amarilla y barriletes de aquella área, y comparar los resultados con los obtenidos en el Pacífico Oriental.

Se han clasificado muestras de sangre de barriletes de dos áreas del Pacífico Oriental: 98 especímenes de frente al norte del Perú y 143 de los bancos locales e Islas Revillagigedo, respectivamente. La frecuencia de los dos tipos de sangre en estas muestras demostró que no diferían significativamente. Los 113 barriletes de aguas hawaianas que hemos clasificado *no* demostraron diferencia respecto a la frecuencia de estos dos tipos de sangre.

El trabajo sobre la sangre de los atunes aleta amarilla también ha tenido un progreso alentador. Estamos en situación de poder demostrar por lo menos dos tipos en un sistema sanguíneo y, además, algunos de nuestros reactivos aparentemente son también apropiados para detectar subtipos en el mismo sistema. Se han examinado grandes series útiles de atunes aleta amarilla de los bancos locales, de aguas frente a Guatemala y de cerca de Hawai, pero no todos los reactivos útiles han sido empleados en cada lugar (ya que dos de ellos fueron descubiertos sólo recientemente).

Además de nuestro trabajo sobre la sangre de estas dos especies de atún, hemos clasificado incidentalmente los tipos de sangre de otros atunes, así como los de otros peces escómbridos y no escómbridos. Esto se

ha hecho para determinar la posibilidad de emplear extractos de semillas de leguminosas en estudios inmunogenéticos en otras especies además de en los atunes, y con el propósito de comparar las características de aglutinación de diversas clases de grupos.

Para ayudar a otros investigadores que emplean extractos de semillas de leguminosas en sus estudios, estamos preparando una lista de estas semillas con indicación del lugar en que pueden obtenerse. Esta lista será distribuída entre los especialistas durante 1962.

5. Otros aspectos de la biología y comportamiento de los atunes

Fisiología de los atunes

El análisis de los datos sobre recobros de marcas ha demostrado claramente que la mortalidad inicial causada por la marcación es alta, y que está diretamente relacionada con la temperatura del agua en el momento de esta operación. Esto, junto con la experiencia con otras clases de peces, conduce a la hipótesis de que la mortalidad se debe a la hiperactividad, que resulta de la acumulación de ácido láctico, de lo que los atunes no pueden recobrarse en su ambiente escaso de oxígeno o, por lo menos, que los debilita en tal forma que los convierte en presa fácil de los peces predadores.

En consecuencia, durante el año pasado se decidió emprender y se llevó a cabo un estudio para investigar directamente esta posibilidad. Los experimentos se realizaron a bordo de un clíper comercial atunero fletado por la Comisión para la marcación de atunes en aguas frente a la costa del Pacífico de la América Central. Los lactatos fueron analizados en el Departamento de Fisiología de la Universidad de Columbia Británica, con la cooperación del Dr. Edgar C. Black y de la Sra. A. Robertson Connor.

Se tomaron muestras de sangre de 207 atunes aleta amarilla y barriletes para el análisis del lactato; (a) inmediatamente después de la captura (por el sistema de carnada viva y anzuelo), (b) inmediatamente después de la marcación con marcas de dardo, y (c) después de diez minutos hasta 24 horas de mantener a los atunes (tanto los marcados mo los no marcados) a bordo del clíper en un tanque de carnada forrado de material plástico esponjoso.

Los lactatos de la sangre en los atunes aleta amarilla y barriletes no fueron significativamente diferentes entre sí ni en el momento de su captura ni inmediatamente después de ésta y de su marcación. Los niveles promedio correspondientes a estos cuatro grupos oscilaron entre 14.4 y 22.5 mg.%. Estos valores son ligeramente más altos que los valores de lactato registrados para otras especies de peces antes del ejercicio, lo que puede ser debido al mayor grado de actividad entre la captura inicial y el muestreo bajo condiciones prevalecientes en la zona, o bien a un nivel más alto de actividad en los atunes en estado de equilibrio bajo condiciones naturales.

Las dos especies de atún son similares a otras especies de peces investigados por otros científicos, en cuanto a su reacción a una intensa

actividad, en que el estímulo causado por la captura y la marcación produce un marcado aumento y una subsecuente disminución en el lactato de la sangre. La relación entre el nivel del lactato de la sangre y el tiempo de mantenimiento después de la captura no fué lineal. Para facilitar el análisis, los datos fueron convertidos a valores logarítmicos; al ser ploteados en la fórmula log Y = a + b log X (en donde Y = al nivel del lactato, y X = al tiempo de mantenimiento) resultó una transformación a una relación lineal aproximada, entre más o menos media hora y diez horas. Las líneas de regresión que representan los valores medios del lactato de la sangre a varios momentos entre media hora y diez horas para todos los atunes aleta amarilla y para los barriletes marcados como no marcados se muestran en la Figura 12.

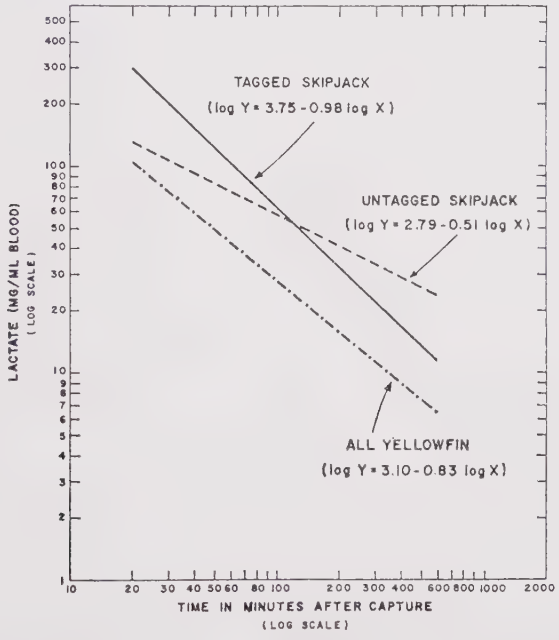
TAGGED SKIPJACK
(log Y = 3.75 - 0.98 log X)
UNTAGGED SKIPJACK
(log Y = 2.79 - 0.51 log X)
ALL YELLOWFIN
(log Y = 3.10 - 0.83 log X)
LACTATE (MG/ML BLOOD)
(LOG SCALE)
TIME IN MINUTES AFTER CAPTURE
(LOG SCALE)

FIGURA 12. Relaciones entre el lactato de la sangre y el tiempo después de la captura para los atunes aleta amarilla y barriletes.

El patrón correspondiente a los atunes aleta amarilla marcados fué esencialmente similar al correspondiente a los no marcados. Un análisis de covariancia demostró que no hay diferencia significativa entre las cantidades máximas o entre las tasas de desaparición del ácido láctico en la sangre de los atunes aleta amarilla mercados o no marcados. En consecuencia, al preparar la Figura 12 se combinaron los datos correspondientes a los dos grupos. Sin embargo, hubo una diferencia de significación entre los barriletes marcados y los no marcados, por lo que las líneas de regresión se presentan separadamente.

Es posible hacer algunas generalizaciones respecto a los lactatos de la sangre en los atunes aleta amarilla y barriletes. Los aumentos en el lactato de la sangre vienen a ser aparentes en ambas especies dentro de diez minutos del recobro, y alcanzan sus puntos máximos en media hora

a tres cuartos de hora. El aumento es mayor en los barriletes que en los atunes aleta amarilla, y también mayor en los barriletes marcados que en los no marcados. En los barriletes no marcados, la tasa de desaparición del lactato de la sangre es más lenta que en los atunes aleta amarilla. Finalmente, la variación en los niveles del lactato de la sangre en cualquier momento dado es mayor en los barriletes que en los atunes aleta amarilla.

Sobre la base de las muertes por todas las causas posibles en el tanque de carnada, hay una ligera indicación de que en ambas especies la marcación conduce a una mortalidad mayor que la producida solamente por el manipuleo, y de que esta mortalidad fué más pronunciada en los barriletes.

Si se compara la reacción del lactato de la sangre en los atunes con la de otros peces, aparecen cuatro diferencias. Las concentraciones máximas de lactato en la sangre de los atunes fueron encontradas dentro de un período de media hora a tres cuartos de hora, mientras que estos puntos máximos no son alcanzados en otras especies de peces en menos de dos horas y a menudo requieren hasta tres horas y media para desarrollarse. Los niveles máximos de lactato de la sangre en algunos especímenes de atunes fueron de nueve a 33 veces mayores que el nivel promedio base en el momento de la captura; en otros peces se ha encontrado que los niveles de la sangre en descanso aumentan de seis a 10 veces con el ejercicio. En ambas especies de atunes, el lactato desaparece de la sangre a una tasa relativamente rápida comparada con la tasa de desaparición registrada para la carpa, la trucha y el salmón. De especial interés es el período notablemente corto de actividad máxima (seis a 21 segundos) que conduce a estos altos niveles de lactato de la sangre en los atunes, en contraste con los períodos de ejercicio de tres a 30 minutos que se necesitan para provocar una reacción aún menor en otros peces.

Estas diferencias en las reacciones fisiológicas de los atunes y las de otros peces pueden ser debidas en parte a una reacción más vigorosa de los atunes al estímulo, a un contenido más alto de glicógeno en los músculos de los atunes, a una difusión más rápida del lactato de los músculos a la sangre, y/o a las altas temperaturas (26 a 29°C) a las que estos experimentos se efectúan.

Las disimilitudes entre los atunes aleta amarilla y los barriletes en la reacción fisiológica por la captura y la marcación pueden ser en parte debidas a un mejor sistema circulatorio en el primero, a una reacción más vigorosa del barrilete por la captura y la marcación, y/o a un contenido inicial de glicógeno más alto en los músculos del barrilete, entre otras posibilidades. La mayor susceptibilidad de los barriletes a las operaciones de marcación, como lo indica su reacción fisiológica, presumiblemente contribuye a la menor tasa de recobros de marcas de esta especie.

Estos experimentos y sus resultados están contenidos detalladamente en un *Boletín* que se encuentra en prensa. Se proyectan otros experimentos para 1962.

Estados juveniles y larvales

Se ha llegado a la conclusión de que, dentro de nuestra área de estudio, el desplazamiento pasivo de huevos y larvas de atunes por las corrientes superficiales no puede ser muy extenso. De allí que la captura de atunes en estados muy jóvenes proporciona evidencia directa de recientes desoves en la vecindad.

Por varios años hemos estado efectuando un programa de recolección e identificación de estados jóvenes de los atunes dentro del Océano Pacífico Oriental. El material usado para estos estudios no se restringe a las recolecciones hechas por los científicos de la Comisión, sino que también comprende las que han hecho científicos de otras organizaciones que amablemente las han puesto a nuestra disposición. Las formas jóvenes se obtuvieron por medio de: (1) arrastres con redes de plancton, (2) capturas con carcal durante la noche por medio de luces artificiales suspendidas de una embarcación a la deriva, y (3) exámenes de los estómagos de varios vertebrados marinos. Como los arrastres con redes de plancton nos proporcionan datos tanto cuantitativos como cualitativos sobre la distribución de las larvas de los atunes, estas recolecciones son las más valiosas.

Se ha terminado un informe sobre las áreas, épocas e intensidad del desove, basado en la recolección de formas jóvenes de atunes, y se publicará próximamente en nuestra serie de *Boletines*. Los descubrimientos pueden resumirse como sigue:

El examen de la distribución vertical de las larvas de atunes conseguidas por medio de los arrastres con redes de placton obturantesy el análisis estadístico de las capturas por medio de arrastres simultáneos de superficie y oblicuos, indican que, en el Océano Pacífico Oriental por lo menos, dichas larvas están limitadas a la capa de mezcla sobre la termoclina.

Los atunes jóvenes del Océano Pacífico Oriental parecen ser buenos indicadores de recientes desoves de los adultos en el área de captura de aquellos. Los resultados de este estudio concuerdan en general con los resultados del examen de los ovarios de los adultos.

Aunque el desove de los atunes es estacional, en las aguas más tibias se opera algún desove durante el año.

Los atunes aleta amarilla desovan en una extensa área del Océano Pacífico Oriental desde el sur de Baja California hasta el Ecuador, tanto a lo largo de la costa como en aguas mar afuera. Cuando esto último ocurre, el desove parece realizarse en su mayor parte en las aguas de la Contracorriente y de la Corriente Ecuatorial del Norte. En los extremos de la distribución de las larvas, el desove tiene lugar en la época del año en que el agua es más tibia. Frente a la América Central, el máximum del desove ocurre en el período de enero a marzo.

Los barriletes desovan solamente en una extensión muy limitada de las aguas costeras y oceánicas del área de nuestro estudio. Las formas jó-

venes sólo se recolectaron en unas pocas ocasiones frente a Centroamérica y al norte en el Golfo de Tehuantepec. Además, frente al Ecuador se recolectaron algunos ejemplares jóvenes de esta especie.

Especímenes juveniles de *Auxis thazard* son las especies más numerosas que aparecen en las recolecciones de atunes juveniles del área de nuestro estudio. Esta especie desova tanto cerca de la costa como mar afuera en las aguas oceánicas. Se han recolectado ejemplares jóvenes hasta tan al norte como en la Isla de Cedros, Baja California, así como en el Golfo de California, y tan al sur como en aguas del Ecuador. Frente a la América Central, el máximum del desove ocurre en el invierno y a principios de la primavera.

El barrilete negro está asociado más íntimamente con la proximidad de las masas terrestres que los otros atunes estudiados. La distribución de los jóvenes duplica bastante bien la distribución costera de los adultos; éstos se presentan tanto a lo largo de la costa como en la vecindad de las principales islas alejadas del continente en el Océano Pacífico Oriental Tropical, y es de esperarse que el desove de esta especie pueda también ocurrir en las vecindades de estas islas. Frente a la América Central, el máximum del desove se realiza a principios de la primavera.

Durante 1961 se examinaron otras recolecciones de plancton del Océano Pacífico Oriental para determinar la presencia de varias larvas de atunes. Este material se consiguió durante las siguientes expediciones oceanográficas: (1) Expedición STEP-I (septiembre-diciembre de 1960) en aguas frente al Ecuador, el Perú y Chile; y (2) Crucero TO-61-1 (marzo-abril de 1961) del Tuna Oceanography Group de la Institución Scripps de Oceanografía, en las aguas del Golfo de Tehuantepec y frente al sur de Baja California.

Estudios sobre escómbridos jóvenes de otras áreas

Desde hace varios años hemos dedicado un corto tiempo a examinar las recolecciones de atunes jóvenes de otras partes de los océanos, así como al examen de escómbridos jóvenes del Océano Pacifico Oriental además de los atunes. El material proveniente de otras regiones es proporcionado por instituciones interesadas en la historia natural de los atunes, pero que carecen de especialistas entrenados en la identificación de los estados juveniles.

Nuestros descubrimientos relacionados con los atunes jóvenes y otros escómbridos del Océano Atlántico Occidental han sido publicados en trabajos que han aparecido en el *Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean.*

Al recolectar atunes jóvenes se recolectan también otros escómbridos muy similares en apariencia a los atunes en los primeros estados de su vida; así es como en varias partes del Océano Pacífico Oriental se ha recolectado cierto número de bonitos jóvenes (*Sarda*). Como el conocimiento de la historia natural del bonito del Pacífico Oriental es bastante escaso, hemos preparado un informe sobre nuestros hallazgos que ha sido publicado en

Pacific Science. En la publicación mexicana *Ciencia* también aparecerá un trabajo corto sobre los bonitos juveniles de las aguas frente a Baja California.

Alimento de los atunes

Está casi por terminarse un manuscrito sobre el alimento de los atunes aleta amarilla y barriletes para ser publicado en nuestra serie de *Boletines*. Algunos de los resultados de este estudio pueden ser resumidos brevemente como sigue:

En los estómagos de los atunes aleta amarilla se encontraron especímenes representativos de 12 órdenes de invertebrados y 44 familias de peces. Solamente unos pocos de los organismos de forraje son de importancia, ya que solamente seis familias de peces y dos órdenes de invertebrados componen el 77 por ciento del volumen total examinado de los estómagos de los atunes aleta amarilla. Por volumen, las familias Galatheidae (34%) y Purtunidae (9%) y la orden Decapoda, calamares, (7%) son importantes vertebrados constituyentes de la dieta. Las familias de peces que por volumen forman una porción importante de la dieta son: Katsuwonidae (8%), Ostraciidae (5%), Exocoetidae (4%), Tetraodontidae (4%), Carangidae (2%) y Myctophidae (2%).

En los estómagos de los barriletes se encontraron especímenes representativos de nueve órdenes de invertebrados y 22 familias de peces. Solamente unos pocos de los diversos organismos de forraje son importantes, ya que el 88 por ciento, en volumen, del alimento de los barriletes consistió de representativos de dos familias de crustáceos (Euphausiidae y Galatheidae) y de cinco familias de peces (Gonostomatidae, Exocoetidae, Myctophidae, Trichiuridae y Engraulididae). La familia Euphausiidae constituyó el 49 por ciento del volumen del alimento ingerido por los barriletes.

Aparentemente ambas especies de atunes no son selectivas y se alimentan de cualquier organismo de forraje de tamaño conveniente que encuentren en una localidad dada. En consecuencia, la composición de su dieta y la importancia relativa de los diversos organismos cambian de un área a otra.

Fecundidad de los atunes

Durante unos pocos de los últimos años hemos recolectado y examinado ovarios de atunes aleta amarilla y barriletes maduros del Océano Pacífico Oriental Tropical para estudiar la relación entre la fecundidad y el tamaño de los peces y determinar si esta relación varía en diferentes áreas. A fines de diciembre de 1961 habíamos recolectado y examinado los ovarios de 94 atunes aleta amarilla y 42 barriletes que estaban suficientemente maduros para los estudios sobre la fecundidad. Entre los atunes aleta amarilla habían 50 especímenes del área costera del norte del Golfo de Tehuantepec, 31 del área costera del sur del Golfo, 4 de las Islas Revillagigedo, 6 de la Isla del Coco y 3 de la Isla Clipperton. Entre los 42 barrile-

tes, 24 eran del sur del Golfo de Tehuantepec, 4 de las Islas Galápagos y 14 del Golfo de California.

El análisis estadístico preliminar de la fecundidad de los atunes aleta amarilla de las áreas costeras, en relación al tamaño de los peces, indica una relación positiva entre la longitud de los peces y la fecundidad y, además, sugiere que esta relación puede ser descrita adecuadamente por una fórmula para todos los peces de las áreas costeras. Los datos de mar afuera no han sido analizados en forma similar.

Debido al margen restringido de los tamaños (659-699 mm.) de los especímenes de barriletes del Golfo de California, no es de utilidad comparar la fecundidad de los peces de esta área con la de los peces de más al sur. Sin embargo, una relación promedio ajustada a los datos de todas las áreas proporciona una estimación preliminar de la fecundidad en relación con las longitudes de los peces de esta especie. Está indicado que un barrilete de 640 mm. tiene un promedio de 480,000 huevos; uno de 680 mm. un promedio de 800,000 huevos; y un pez de 710 mm. un promedio de 1,000,000 de huevos, en el grupo que está madurando para el siguiente desove.

Un lote de atunes aleta amarilla capturados con redes de cerco el 27 de abril de 1961 cerca de la Isla de San Benedicto, del grupo de las Revillagigedo, fué desembarcado en Terminal Island a principios de mayo. Los peces parecían haber sido capturados en el acto de desovar. De este lote de peces se seleccionó y examinó una muestra de 15 ejemplares maduros cuyos tamaños oscilaban de 1156 a 1678 mm. Tenían índices de gónadas de 32 a 113. Se encontró que muchos de estos peces tenían grandes cantidades de huevos maduros en el lumen de los ovarios y que los huevos salían fácilmente del oviducto con una presión en la región abdominal. Los tamaños medios del grupo más avanzado de ovas de dos especímenes en maduración fueron de 1.00 y 1.02 mm., cuyos respectivos márgenes eran de 0.70 a 1.24 mm. y de 0.70 a 1.19 mm. El tamaño medio del glóbulo de aceite fué de más o menos 0.25 mm.

Después de completar las determinaciones sobre la fecundidad de estos peces completamente maduros, así como cuatro determinaciones adicionales de peces de otra muestra, se notó que podían agruparse en tres categorías: 1) los de una fecundidad desusadamente baja, con numerosos huevos en el lumen del ovario; 2) los de fecundidad normal, con muy pocos huevos en el volumen del ovario; y 3) los de fecundidad desusadamente baja, con muy pocos huevos en el lumen del ovario. Se cree que estas categorías representan peces capturados en tres distintos estados de desarrollo sexual o de actividad en el desove, o sea: 1) peces capturados en el acto de desovar; 2) peces que están maduros pero que no han comenzado a desovar; y 3) peces que han desovado parcialmente sus huevos maduros o que han terminado su desove. El hecho de que se encontraran peces con huevos completamente maduros pero en cantidades desusadamente bajas, y con muy pocos huevos en el lumen del ovario (categoría 3) sugiere una de las dos siguientes posibilidades: 1) que estos peces habían desovado sólo una porción de sus huevos maduros, quedándoles más para desovar, o sea que

el desove de los huevos maduros se efectúa por expulsión de camadas intermitentes; ó 2) que el desove había terminado y que los huevos maduros que todavía estaban retenidos en el tejido folicular iban a ser reabsorbidos. Esto último parece ser lo más probable.

6. Investigaciones sobre la oceanografía física, química y biológica

Los atunes son completamente pelágicos en todos los estados de su vida y, en consecuencia, influyen profundamente en ellos las características de su ambiente oceánico, las cuales varían en el espacio y en el tiempo. Para comprender la ecología, historia natural y comportamiento de los atunes, y de las importantes especies de carnada, necesitamos conocer la circulación de las aguas oceánicas, sus propiedades y los procesos que las determinan, así como sus variaciones tanto estacionales como espaciales. En consecuencia, los estudios de la oceanografía física, química y biológica del Pacífico Oriental constituyen una parte esencial de nuestro programa de investigaciones.

Nuestros esfuerzos en este sentido están estrechamente coordinados y asociados con los de otras organizaciones que estudian esta parte del mar con otros propósitos.

Durante 1961 se ha logrado progresar en este programa en varias de las siguientes líneas:

Cruceros de investigación

Swansong

Durante el período septiembre-diciembre de 1961 se efectuó la Expedición "Swansong" conjuntamente con la Institución Scripps de Oceanografía a bordo del barco de investigaciones *Argo*.

El propósito de esta expedición fué el de estudiar mejor las propiedades físicas, químicas y biológicas de la Subcorriente Ecuatorial de Cromwell que fluye hacia el este y de sus aguas adyacentes, dando especial atención al área alrededor de las Islas Galápagos. Se hicieron extensas mediciones de la productividad primaria y de las cosechas estables de zooplancton y fitoplancton en el área comprendida entre los 97°W y 86°W y los 5°N y 5°S.

Durante el trayecto se hicieron observaciones tres veces al día (al salir el sol, al mediodía local y la puesta del sol) sobre la clorofila *a* en la superficie. Dos veces al día (a la salida del sol y al mediodía local) se hicieron determinaciones de la absorción de carbono catorce en las aguas de superficie, por medio de incubadoras instaladas a bordo simulando el ambiente *in situ*. Durante una parte del viaje se mantuvo un registro continuo de la radiación solar incidente por medio de un pireliómetro Epply.

En varias estaciones se hicieron arrastres oblicuos con una red estándar de un metro y arrastres horizontales a varias profundidades con las redes modificadas de Clarke-Bumpus para la obtención de zooplancton.

En las estaciones biológicas que coincidían con el mediodía local se analizaron muestras de agua de siete profundidades, que representaban

siete grados de intensidad de la luz, para la determinación de las cosechas estables de fitoplancton así como de su concomitante tasa fotosintética. La concentración de clorofila *a* fué usada como una medida de las primeras y las incubadoras de a bordo simulando el ambiente *in situ* se emplearon para medir la tasa fotosintética. Se usó un disco Secchi para medir la transmisión de la luz.

Cuando las condiciones lo permitían, se pescó con carcal y luz artificial durante la noche.

Debido a la demora en el regreso del crucero, los datos biológicos no han sido analizados hasta el momento. En el capítulo referente al análisis de los datos obtenidos durante el crucero STEP-I se han incorporado algunas notas en relación con las mediciones de la clorofila *a* y las tasas fotosintéticas, como veremos más adelante.

Datos de los cruceros de otras organizaciones

El Tuna Oceanography Research Group de la Institución Scripps de Oceanografía y el Instituto de Investigación de los Recursos Marinos del Perú hicieron también viajes adicionales en el área de nuestro interés, pero ninguno de los miembros de nuestro personal participó en ellos. Los datos de estos cruceros han sido puestos a nuestra disposición para su empleo en los aspectos pertinentes de nuestra investigación.

Estudios en el Golfo de Guayaquil y aguas adyacentes

Durante 1961, el Gobierno del Ecuador inició un extenso programa de investigación y desarrollo de pesquería en un Instituto de Pesquerías establecido en Guayaquil con la ayuda financiera del Fondo Especial de las Naciones Unidas y la asistencia técnica de expertos de la FAO. En cooperación con este programa y coincidiendo con la adhesión del Ecuador a la Convención, en junio de 1961 nuestro personal científico comenzó una investigación de dos años y medio sobre la ecología del Golfo de Guayaquil y aguas adyacentes.

El Golfo de Guayaquil es el mayor estuario tropical de la costa occidental de Sudamérica, alcanzando 58 millas de Punta Santa Elena en el norte a Punta Sal en el sur, y extendiéndose 100 millas tierra adentro. Los pocos datos disponibles de las aguas del Golfo y de la región oceánica adyacente sugieren que existen tasas extraordinariamente altas de producción primaria y grandes cosechas estables de zooplancton. El área soporta apreciables pescas de atún así como cantidades substanciales de peces de carnada para la pesca de éste.

El proyecto de investigación que ha sido comenzado tiene como propósito determinar lo siguiente: la distribución horizontal, vertical y estacional de las características químicas y físicas de la región; la distribución cuantitativa y cualitativa de las poblaciones de plancton del área; y los procesos de producción básica de la materia orgánica. Se está tratando de abordar el problema por medio de una sucesión de observaciones a intervalos de tiempo predeterminados a fin de establecer el ciclo de los cambios.

Específicamente, los objetivos del programa de investigación son los siguientes:

1. Oceanografía física
   a. Establecer el patrón general de la distribución de la temperatura, salinidad, oxígeno y fosfato, sus fluctuaciones estacionales, y los factores que controlan las fluctuaciones;
   b. Establecer el patrón de la circulación y reposición en el Golfo de Guayaquil y en las aguas de sus esteros.
2. Oceanografía biológica
   a. Establecer la magnitud, distribución y fluctuaciones estacionales de la producción primaria en el Golfo de Guayaquil, y los factores que controlan las fluctuaciones;
   b. Estimar la magnitud, distribución y las fluctuaciones estacionales de las cosechas estables de fitoplancton y de zooplancton por medio de arrastres con redes.
   c. Establecer los cambios cualitativos estacionales en las poblaciones de fitoplancton y zooplancton de la región.

Dentro de este marco de trabajo se acumularán suficientes datos para abordar otros problemas de importancia fundamental en el campo de la oceanografía biológica.

Se realizó un examen preliminar de una serie cuasi sinóptica de observaciones oceanográficas hechas mar afuera y dentro del Golfo de Guayaquil para lograr una idea de la distribución de las características oceanográficas de esta región, antes de establecer un patrón de las estaciones. Este análisis, combinado con el resumen disponible de los datos batitermográficos por cuadrados de un grado, indicó una región de altas gradientes horizontales. Estas altas gradientes existen no solamente dentro del Golfo y de éste hacia mar afuera, sino también a lo largo de los perfiles de norte a sur paralelos a la costa. Gradientes tan altas como 5°C/120 millas se han presentado a lo largo de los perfiles de este a oeste, y tan altas como 2°C/100 millas a lo largo de los perfiles de norte a sur.

El itinerario de los cruceros oceanográficos está basado en las siguientes consideraciones:

a. La oceanografía del Golfo está determinada principalmente por la mezcla de las aguas del Río Guayas con las aguas costeras del Ecuador. Debido a la influencia de las mareas y a la fluctuación de la descarga del río, ésta es un área de propiedades oceanográficas de cambio rápido.

b. El área oceánica adyacente al Golfo es una región "frontal" en la que las aguas de la Corriente del Perú y las aguas tropicales del norte se mezclan para formar una región de propiedades fluctuantes y de altas gradientes horizontales.

Estas consideraciones implican que las frecuencias requeridas para el muestreo de las diversas regiones sean diferentes; las que presentan cam-

bios rápidos en sus condiciones requieren un muestreo a intervalos de tiempo más cortos que las que tienen características más estables.

La región ha sido dividida como sigue:

a. La región de esteros interna que se extiende hacia el este dentro del estuario del Río Guayas desde una línea frente al lado oeste de la Isla Puna, conteniendo 21 estaciones;

b. La región de esteros externa que se extiende desde esta línea hasta la curva de las 100 brazas en el Golfo, conteniendo 18 estaciones;

c. La región costera frente a una línea que pasa por los siguientes puntos: 81°W de longitud y 3°N de latitud, 83°W de longitud y 1°S de latitud, y 83°W de longitud y 5°S de latitud.

Estas áreas son muestreadas, hasta donde es posible, en la forma siguiente: la región de esteros interna, cada dos semanas; la región de esteros externa, cada mes; y la región costera, cada dos meses.

Durante 1961 se efectuaron once cruceros dentro de las regiones de los esteros interna y externa, en los cuales se ocuparon 184 estaciones. Se hicieron las siguientes observaciones: 708 determinaciones de oxígeno disuelto, 1,011 determinaciones de la salinidad, 830 mediciones de la temperatura y 45 muestreos de plancton. Hasta ahora no se ha analizado en detalle esta información.

Ciclo estacional general en el Pacífico Oriental

La investigación que se efectuó en 1961 sobre diversos tópicos y los resultados de estudios previos condujeron a una descripción de la naturaleza del ciclo estacional general de la circulación oceánica en el Pacífico Oriental Tropical (POT).

El POT, definido como el área oceánica limitada por los 30°N, 20°S, 140°W y la línea de la costa del continente americano, constituye una fracción relativamente grande del Océano Pacífico. Sin embargo, es sólo una parte de aquel inmenso océano y hay características del mismo, por ejemplo algunas de las corrientes, que existen también en grandes áreas adyacentes. Estas corrientes de gran escala son parte del patrón de la circulación total del Océano Pacífico que está relacionada con el esquema de la circulación general de la atmósfera.

El POT tiene dos ecuadores. El primero es el ecuador geográfico; el otro, el ecuador meteorológico, es la zona de calmas ecuatoriales, una banda de este a oeste cuya anchura media es de aproximadamente 300 millas, centralizada en promedio alrededor de los 4°N de latitud y, por lo tanto, en promedio, en el hemisferio norte, que marca la confluencia de los vientos alisios del noreste y del sudeste. A causa de su asimetría, los vientos alisios del sudeste invaden el hemisferio norte durante casi todo el año, y la extensión en la que la invasión ocurre en una época y longitud determinada se relaciona directamente con la posición de la zona de las calmas ecuatoriales. Esto se ilustra en la Figura 13, que muestra la dirección y velocidad promedio de los vientos al nivel del mar en los meses de

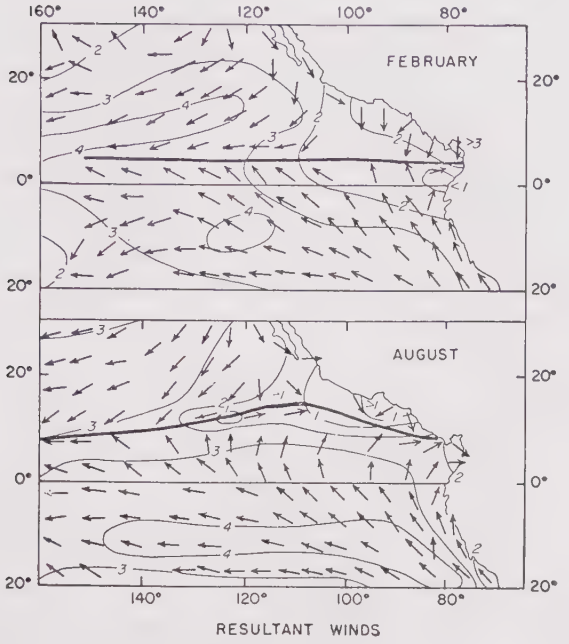

FIGURA 13. Vientos promedio mensuales al nivel del mar en febrero (arriba) y agosto (abajo). Las isopletas numeradas indican la velocidad en unidades de la escala de Beaufort; la línea gruesa marca la confluencia de los vientos alisios.

febrero y agosto. Estos patrones del promedio mensual de los vectores del viento son los extremos del ciclo anual.

La línea continua gruesa en ambos recuadros de la Figura 13 marca la confluencia de los vientos alisios del noreste y del sudeste, y puede observarse fácilmente que su posición depende tanto de la longitud como del tiempo. En agosto, este "encuentro de los vientos alisios" queda entre los 8°N y 15°N al este de los 140°W, un radio de unas 400 millas; mientras que en febrero ocurre en cualquier parte de los 5°N. La máxima variación en el tiempo ocurre en los 115°W, en donde la confluencia es a más o menos diez grados de latitud (600 millas) más al norte en agosto que en febrero.

Debido a la fuerza de Coriolis, los vientos alisios del sudeste se vuelven hacia la derecha (hacia el este), una vez que han cruzado el ecuador, el desvío es tanto mayor cuanto más al norte llegan los vientos, es decir, cuanto más al norte está la zona de las calmas ecuatoriales. En agosto, los vientos alisios del sudeste penetran en el hemisferio norte lo suficiente como para que aproximadamente al este de los 120°W se conviertan en vientos del sudoeste. En febrero la invasión es limitada y el viento no se desvía. Consistente con la proximidad de la zona de las calmas ecuatoriales al ecuador en esa época, las velocidades de los vientos en el ecuador al este de los 120°W son menores en febrero que en agosto.

Los promedios mensuales de los vectores del viento en cada mes del año pueden ser arbitrariamente clasificados por estaciones de vientos, y en el Pacífico Oriental Tropical tal clasificación puede ser resumida como

sigue: en enero se establece un régimen de invierno que persiste hasta abril; de julio a octubre existe un régimen de verano; los dos períodos bimestrales, mayo-junio y noviembre-diciembre, son los del cambio de un régimen a otro.

Los vientos al nivel del mar tienen efecto sobre los movimientos de las aguas del océano. No se conoce la naturaleza exacta de esta relación, pero las observaciones demuestran un resultado aparentemente simple cuando se considera el efecto de los vientos que soplan en forma constante sobre una amplia zona del océano abierto: la corriente de superficie se mueve casi siempre en la dirección en que sopla el viento. Esto, sin embargo, no necesita ser el caso — y a menudo no lo es — cerca de los límites físicos del océano y a lo largo de los límites en la zona del viento al nivel del mar, tal como en el área de las calmas ecuatoriales.

Como cada año ocurre el establecimiento y el cambio entre los regímenes del viento de invierno y de verano en el Pacífico Oriental Tropical, se confiaba que los patrones de la corriente de superficie exhibirían un ciclo anual similar, y ciertamente es así. Más aún, una vez que se ha establecido un régimen de viento, la energía debe ser transferida del viento al agua antes de que se establezca el correspondiente patrón de la corriente de superficie; de allí que se espere un lapso. Este lapso no es generalmente conocido en lo que concierne a las corrientes oceánicas, y probablemente varía en forma marcada de un lugar a otro. En las corrientes de superficie del Pacífico Oriental en conjunto, el lapso parece ser de un mes más o menos, porque los extremos de un ciclo anual de los patrones de las corrientes de superficie ocurren en marzo y septiembre.

La Figura 14 muestra el promedio de las corrientes observadas por los barcos mercantes durante marzo y septiembre en parte del POT, o sea al norte del ecuador y al este de los 120°W. Los patrones de septiembre se parecen más a la figura clásica de la circulación ecuatorial: el flujo hacia el oeste en el ecuador y justo al norte de éste es la Corriente Ecuatorial del Sur; el flujo hacia el este entre los 5°N y 10°N es la Contracorriente Ecuatorial del Norte; y la corriente lenta hacia el sur y hacia el oeste en la esquina noroeste del área es la Corriente de California que puede ser considerada como el comienzo de la Corriente Ecuatorial del Norte. Las corrientes en el área aproximadamente triangular al norte de los 10°N y al este de los 110°W no tienen lugar en la figura clásica.

En marzo, la Contracorriente Ecuatorial del Norte está casi ausente del área de la carta. Puede ser discernida solamente como un débil flujo hacia el este que termina en los 110°W. El flujo hacia el este en los 7°N a los 9°N, entre los 93°W y la costa, no es un vestigio de la Contracorriente Ecuatorial del Norte sino un flujo de retorno relacionado con las fuertes corrientes con dirección suroeste y luego oeste que se originan en el Golfo de Panamá. La velocidad de la Corriente Ecuatorial del Sur es menor en marzo que en septiembre, correspondiendo con las velocidades más bajas del viento de invierno en el ecuador. La Corriente de California es algo

más fuerte en marzo que en septiembre, y puede bifurcarse alrededor de los 20°N; la parte costera se combina con el flujo del Golfo de California para producir una corriente hacia el sudeste a lo largo de la costa mexicana. Esta corriente se vuelve hacia el oeste entre los 10°N y 15°N y se

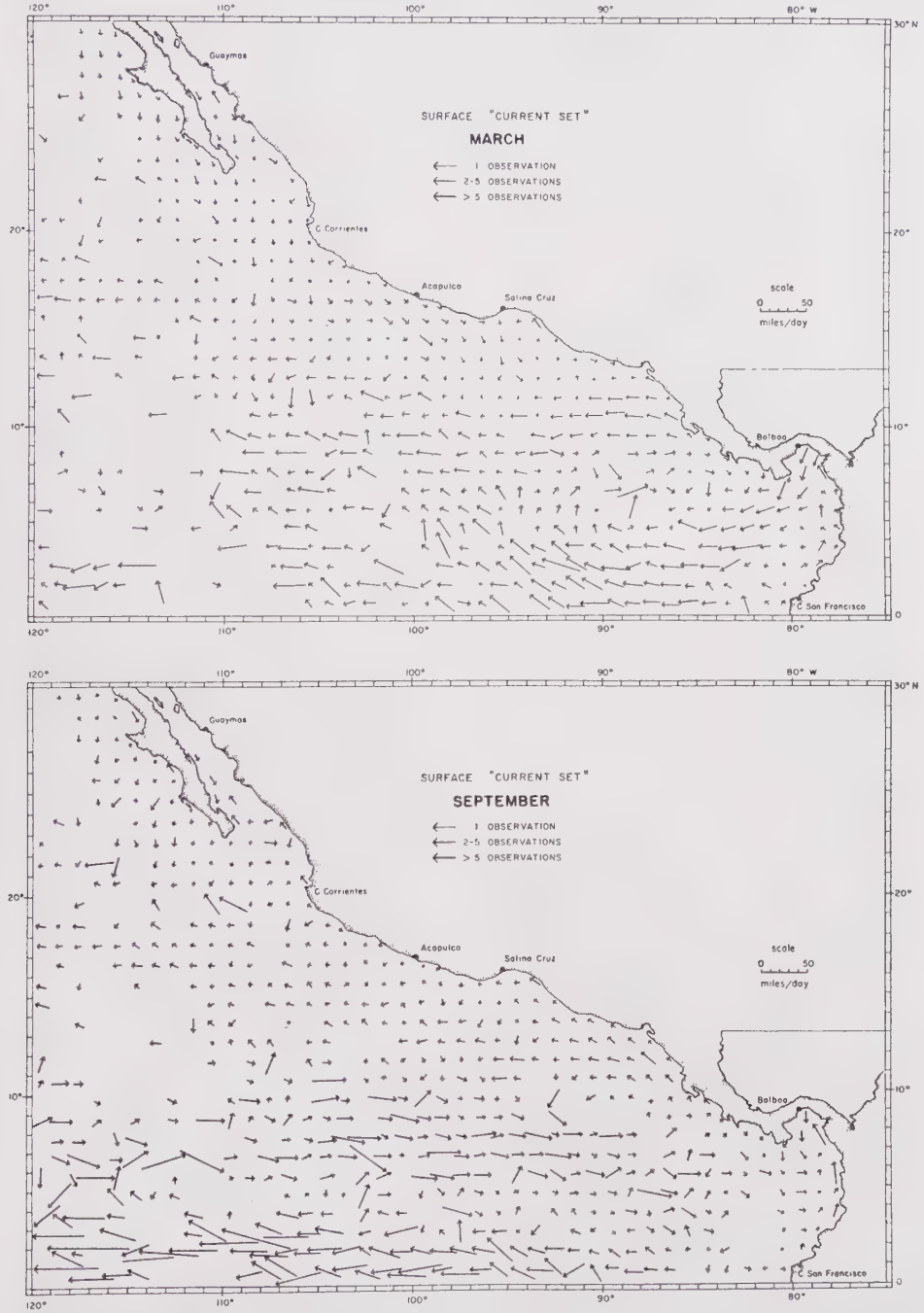

FIGURA 14. Promedio mensual de la corriente de superficie durante marzo (arriba) y septiembre (abajo).

une al flujo con dirección oeste al sur de los 10°N; no se sabe si este flujo combinado con dirección oeste continúa o no en la Corriente Ecuatorial del Norte fuera del área de la carta.

La ausencia de la Contracorriente Ecuatorial del Norte es más marcada en abril que en marzo, porque hay un flujo hacia el oeste en su latitud usual en todas partes entre los 95°N y 120°W. Sin embargo, la corriente que se desplaza del Golfo de Panamá con dirección sudoeste, que es una característica del régimen de las corrientes de invierno, tiene su mayor fuerza en febrero y se reduce mucho en el mes de abril. En consecuencia, marzo representa el extremo de invierno para el área que ha sido graficada en conjunto, pero no necesariamente para un lugar particular en dicha área.

Por lo tanto, existe un ciclo anual en los patrones de las corrientes de superficie en el POT que sigue aproximadamente el de los vientos al nivel del mar y que produce marcadas diferencias en las corrientes de la superficie del mar entre el invierno y el verano.

Sin embargo, existen también algunas similitudes entre los dos patrones de las corrientes de la Figura 14. Entre éllas están comprendidas la Corriente Ecuatorial del Sur, el flujo hacia el noreste y norte a lo largo de la costa de Colombia, que es llamado la Corriente de Colombia, y el flujo sin nombre, con dirección oeste a noroeste, frente a Costa Rica y Nicaragua. Debido a estas similitudes y diferencias entre las estaciones, es a la vez interesante y conveniente saber cuáles corrientes persisten durante el año y cuáles son variables.

En la Figura 15 se muestra el resultado de una clasificación arbitraria de la persistencia de las corrientes sobre una base anual en cada uno de

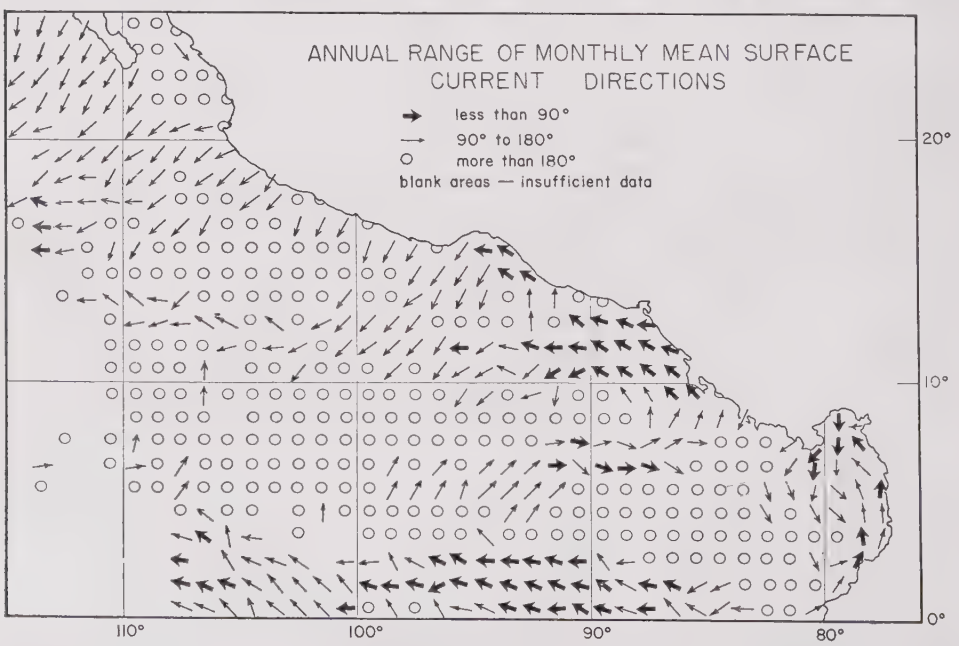

FIGURA 15. Amplitud anual del promedio mensual de la dirección de la corriente de superficie.

los cuadrados de un grado de latitud y de longitud; aquí se considera que la persistencia de una corriente es la constancia de la dirección de su flujo. Las flechas gruesas indican los cuadrados en los que las direcciones de los doce promedios mensuales de las corrientes de superficie se encuentran dentro de un radio de menos de 90°, o sea dentro de los 45° de la dirección indicada por estas flechas. Las flechas angostas representan un radio de 90° a 180°, o sea dentro de los 90° de la dirección indicada por la flecha, y muy cerca de la dirección promedio anual de la corriente. Las áreas encerradas por círculos son aquellas con un radio anual en que la dirección de la corriente de superficie sobrepasa los 180°, o sea las que el promedio mensual de la corriente de superficie podría tener casi cualquier dirección. Estas regiones de corriente variable son lo suficientemente numerosas, y en algunos lugares lo suficientemente grandes, como para despertar la curiosidad investigadora.

Los datos de las corrientes de superficie que han sido tratados aquí son los promedios de todos los años de los que existen datos y, consecuentemente, los patrones de las corrientes que se muestran en la Figura 14 representan condiciones promedio. Un evento como el de "El Niño" que se produce a causa de condiciones anómalas en la atmósfera (ver nuestro *Boletín*, Vol. V, No. 3) estaría caracterizado por patrones de corrientes anómalas.

Atlas de la Expedición Eastropic

Tal como se aunció anteriormente, se está preparando una descripción en forma de atlas de los 1,000 metros superiores del agua en el Pacífico Oriental Tropical. Los datos que se usan son los de la Expedición Eastropic que se realizó en el otoño de 1955 con dos barcos de la Institución Scripps de Oceanografía y uno de la Pacific Oceanic Fisheries Investigation (ahora Honolulu Biological Laboratory). Este atlas mostrará las distribuciones de las corrientes, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y fosfato inorgánico en la superficie del mar, a diversas superficies de densidad, y en secciones verticales.

La terminación del atlas durante este año fué impedida por dos razones: primera, se descubrió un error en el cálculo de los datos del HBL sobre las profundidades a que se tomaron las muestras; y segundo, se encontró que las salinidades de 0.5‰ determinadas por el análisis volumétrico a bordo de una de las embarcaciones de SIO eran demasiado bajas en promedio y que variaban de una estación o otra más de lo que debería esperarse. Mientras que fué relativamente fácil solucionar el primer problema, ya que se trataba simplemente de una operación aritmética, el arreglo del segundo comprendió la eliminación de los datos dudosos o el ajuste de los mismos.

El método de ajuste de los datos sobre la salinidad estaba basada en dos premisas: que la distribución vertical de las propiedades del agua en una estación de una sección está relacionada con la de las estaciones adyacentes de la misma sección, y que las salinidades determinadas por el aná-

lisis volumétrico no son significativamente diferentes de una cifra promedio si difieren de ésta en menos de 0.036°/oo. El procedimiento requirió, primero, la comparación de las salinidades sospechosas de profundidades de más de 300 metros con las salinidades de otras expediciones en la misma área, para determinar la diferencia promedio de la salinidad entre las curvas promedio de la temperatura-salinidad. Se modificaron entonces las salinidades sospechosas por la cantidad constante y se prepararon las secciones en las que, en una serie consecutiva de estaciones, la salinidad se mostró como una función de la anomalía termostérica (densidad potencial), i.e., las secciones eran las mismas que las secciones verticales excepto en que para la coordenada vertical se usó la densidad potencial en vez de la profundidad. Se trazaron entonces las isohalinas en aquellas secciones y se suavizaron dentro del límite de la exactitud del análisis volumétrico consignado anteriormente; para cada estación, ésto determinó la salinidad como una función de la densidad potencial en una forma estadística significativa y a su vez decidió la forma de la curva temperatura-salinidad. Compensando el tedio de este método están las siguientes ventajas:

1) El agua de profundidad es más homogénea en lo que respecta a la salinidad que lo que indica el análisis volumétrico, y las pequeñas gradientes laterales de salinidad llegan a ser notorias y significativas. También las irregularidades aparentes en la topografía de una superficie de densidad profunda se reducen mucho más.
2) La falta (debido a la selección de las profundidades de muestreo) de características significativas en la distribución vertical de las propiedades (ésto no está restringido sólo a la salinidad) se subsana fácilmente si se observan tales características en las estaciones adyacentes.
3) Los volúmenes relativamente grandes del océano en los que ocurren flujos cuasi isentrópicos están indicados.
4) Las áreas de afloramiento y de mezcla vertical están notoriamente ilustradas.

Todos los datos de la Expedición Eastropic han sido tratados en esta forma y actualmente la preparación del atlas está de nuevo en camino. Esperamos que pueda ser publicado durante 1962.

Subcorriente Perú-Chile

Durante la Expedición STEP-I de septiembre a diciembre de 1960, por medio de mediciones directas con anclas flotantes provistas de paracaídas, por cálculos del movimiento geostrófico y por el análisis de las distribuciones de la salinidad y del oxígeno disuelto se estableció la presencia de una subcorriente de flujo hacia el sur a lo largo de la costa de Sudamérica, debajo de la Corriente del Perú y a profundidades de varios centenares de metros. Algunas consideraciones teóricas han indicado la posible existencia de tal fenómeno limítrofe, pero ésta es la primera medición directa real de una subcorriente limítrofe en el este. El flujo se origina frente al norte del Perú en la región del límite de la Corriente del Perú, o

más al noroeste, y se extiende por lo menos hasta tan al sur como los 41°S. El transporte del flujo geostrófico disminuye de norte a sur, siendo de 21 millones m^3 seg^{-1} en los 5°S y de 3 millones m^3 seg^{-1} en los 15°S. En su borde costero, el flujo casi se hace paralelo al borde de la plataforma continental; en las latitudes bajas, la corriente principal parece estar sepa-

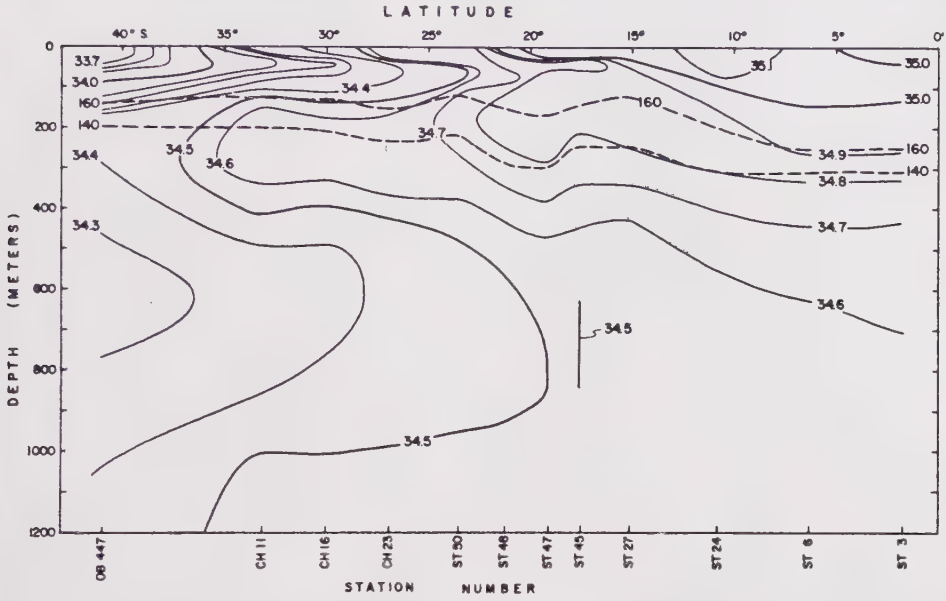

FIGURA 16. Perfil vertical de la salinidad (o/oo) a aproximadamente 100 millas frente a la costa occidental de Sudamérica, según los datos de ST (STEP-I, 1960, SIO); OB (OB III, 1958, Instituto de Oceanologia, USSR); y CH (CHIPPER, 1960, USNHO).

rada de la costa. La Figura 16, en la que se muestra la distribución de la salinidad en un perfil paralelo a la costa oeste de Sudamérica y a aproximadamente 100 millas mar afuera, indica que las aguas de la subcorriente se caracterizan por un máximum de salinidad al sur de los 15°S; correspondiendo con el máximum de salinidad hay un mínimum de oxígeno.

Los Sres. W. S. Wooster y M. Gilmartin han publicado un informe detallado de este estudio en el *Journal of Marine Research* (Vol. 19, No. 3, pp. 97-122).

Una computación del transporte de masas de Sverdrup para el área frente a la costa oeste de Sudamérica indicó que la subcorriente puede tener su origen en el empuje del viento. Se usaron los datos sobre el viento correspondientes a los promedios mensuales de los vientos, por cuadrados de dos grados de latitud y longitud, proporcionados por la U. S. Navy Hydrographic Office. Durante todo el año los vientos soplan a lo largo de la costa del sudoeste al sudeste entre el ecuador y los 35°S, y su velocidad aumenta con la distancia de la costa. De esta manera, el rotor del viento es negativo en aquella área y el transporte integrado de la masa de agua es consecuentemente hacia el sur a lo largo de la costa hasta los 35°S. Esto sugiere que el flujo predominante a lo largo de la costa oeste de Sudamérica es la Subcorriente Perú-Chile, por lo menos hasta los 35°S. Sin

embargo, este análisis no toma en consideración la fricción en el límite (en la costa) ni las variaciones con el tiempo.

Estudios sobre los indicadores de plancton

A principios de 1961 recibimos un gran lote de muestras de zooplancton recolectadas durante los cruceros a bordo del *Bondy* frente a la costa peruana. La Expedición STEP-I (del 15 de septiembre al 14 de diciembre de 1960) también proporcionó un número considerable de muestras de plancton conseguidas por medio de arrastres con las redes Clarke-Bumpus. Se requirió casi todo el año para clasificar los quetognatos, los huevos de peces y las larvas de estas muestras.

El material ya clasificado sobre los quetognatos se está actualmente identificando por especies. Una vez terminada esta tarea, las especies serán analizadas para su empleo como indicadores de masas de agua. El material del *Bondy* será usado principalmente para desarrollar un cuadro de las distribuciones estacionales de las especies cerca de la superficie del mar, y para saber cómo se relaciona ésto con las fluctuaciones estacionales de la temperatura y de la salinidad. Los datos de la Expedición STEP-I deben proporcionar un cuadro más detallado de las distribuciones de las especies con relación al medio ambiente, tanto en el plano horizontal como en el vertical. Estos datos serán estudiados en detalle como un posible medio de interpretar el origen del agua de "El Niño".

Investigaciones sobre la productividad biológica

Golfo de Panamá

Nuestros análisis de los datos meteorológicos, hidrográficos y biológicos recolectados durante los cuatro años y medio de estudios en el Golfo de Panamá, cuya fase de recolección de datos finalizó en 1959, han sido completados y actualmente está en preparación un informe que será publicado en nuestra serie de *Boletines*. Los análisis durante 1960 han revelado detalles adicionales sobre la relación entre los vientos del norte y el afloramiento, y los efectos de este último sobre la producción biológica y las cosechas estables de fitoplancton y zooplancton.

Es de particular interés las comparaciones de las relaciones observadas en el Golfo de Panamá y en otras partes del mar. Se comparó la relación del oxígeno disuelto y el fosfato-fósforo del Golfo de Panamá con la relación que se encontró en otras áreas. Calculando los promedios de cada cinco profundidades muestreadas se lograron puntos de rendimiento que caían sobre las líneas rectas con las siguientes gradientes: $\Delta 0_2/\Delta P = -1.85$ ml/μg at para la estación lluviosa y -2.00 ml/μg at para la época de afloramiento (Figura 17), las cuales son idénticas si se considera la dispersión de los datos individuales. Existe una diferencia inexplicable entre estas gradientes y las obtenidas por Steele en el Mar del Norte (-3.87 ml/μg at). Los datos recolectados en la Expedición STEP-I en el Pacífico Sudoriental Tropical demuestran una buena relación lineal entre el oxígeno y el fosfato de la superficie hasta la profundidad del oxígeno mínimo: al trazar una línea entre los valores promedio correspondientes a 90 estaciones en la su-

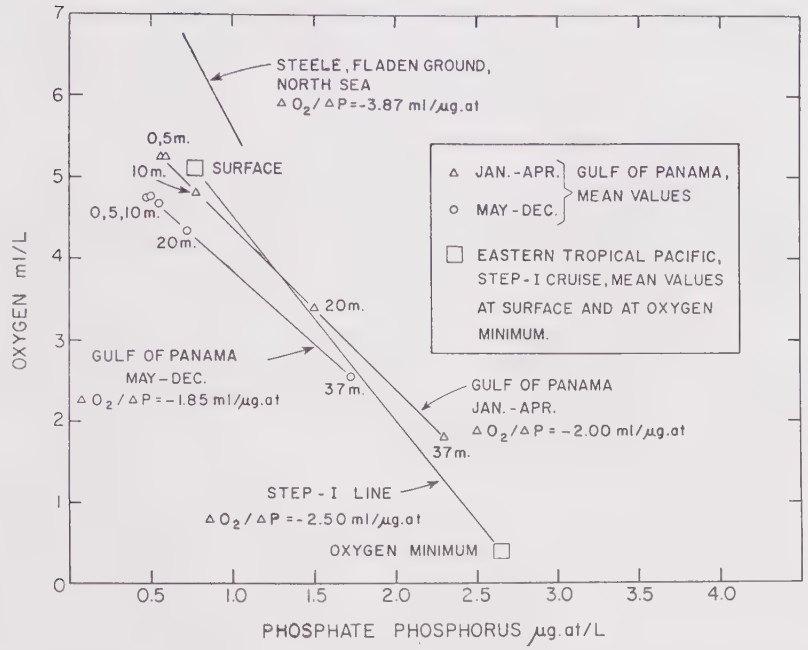

FIGURA 17. Relaciones entre el fosfato y el oxígeno disuelto en el Golfo de Panamá y en otros lugares.

perficie y el mínimo de oxígeno se obtuvo una gradiente de -2.50 ml $0_2/\mu g$ en P (La falta de tiempo no ha permitido todavía un estudio más exacto). Este valor no difiere grandemente de los encontrados en el Golfo de Panamá.

Richards y Vaccaro derivaron una línea para la aparente utilización del oxígeno (AOU = concentración de 0_2 — concentración de 0_2 en el momento de la saturación) y del fosfato. La gradiente de esta línea cae cerca a y entre las líneas de Panamá y del STEP-I. Es interesante que las relaciones oxígeno-fosfato en el Pacífico concuerden tan estrechamente con la relación clásica derivada por Richards y Vaccaro de los datos del Mar Negro, la Fosa de Cariaco y el Atlántico Occidental.

Se compararon los índices de productividad (PI) en el Golfo de Panamá y en el Pacífico Sudoriental Tropical (STEP-I) con los valores dados como típicos por Strickland. PI, una medida de la "vitalidad" del fitoplancton, es la asimilación del carbono corregida hasta la unidad de la intensidad de la luz y la unidad de la cosecha estable. Un factor de conversión (F) de 30 a 60 ha sido sugerido por Strickland para convertir mg. de clorofila *a* a mg. del stock estable de carbono. Un valor de F = 100 se derivó de los datos de Harris y Riley para el Long Island Sound durante el verano y se aplicó tanto a los datos de Panamá como a los del Pacífico Sudoriental Tropical. Los resultados que se dan en la siguiente tabla están bien dentro de la amplitud sugerida por Strickland y no son diferentes entre sí.

	F	Luz	PI ([hour]$^{-1}$ [ly/min]$^{-1}$) Tendencia central	Amplitud
Strickland, 1960	30,60	Sub-óptima	0.5 — 2.0	0.1 — 5
Golfo de Panamá	100	óptima	0.9 (mediana)	0.2 — 2.6
Pacífico Sudoriental Tropical	100	óptima	1.0 (mediana)	0.2 — 3.2

STEP-I y Swansong

Se ha publicado la otra mitad (Parte II) del informe preliminar de los datos correspondientes a la Expedición STEP-I (septiembre-diciembre de 1960) a la Corriente del Perú y a las aguas mar afuera frente al Perú y al norte de Chile. Este informe contiene datos biológicos, fotométricos y algunos datos químicos adicionales. La distribución superficial de la clorofila *a* se muestra en la Figura 18, así como los datos de la reciente Expedición

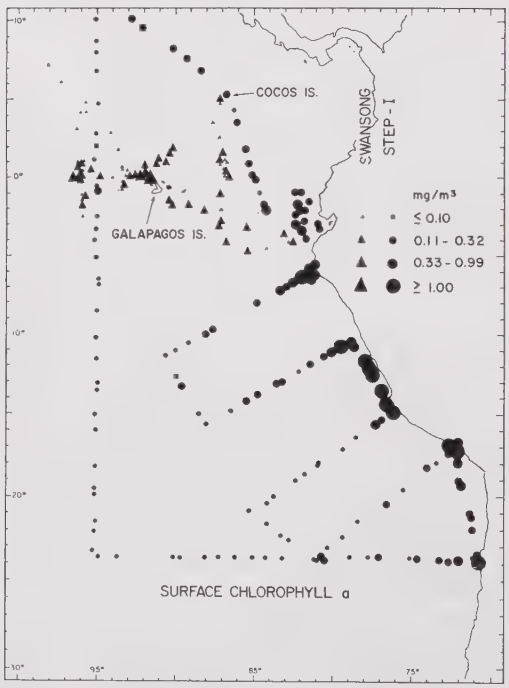

FIGURA 18. Clorofila a de la superficie en el Pacífico Sudoriental.

Swansong (octubre-diciembre de 1961). La Figura 19 presenta así mismo la productividad de la superficie medida en estas dos expediciones. (Figuras similares sobre las cosechas estables de zooplancton y micronecton fueron publicadas en el Annual Progress Report No. 1 (SIO Ref. 61-62) del Scripps Tuna Oceanography Research (STOR). Los efectos del afloramiento a lo largo de la costa peruana se ven claramente en las bajas temperaturas de la superficie, altas concentraciones de sales nutritivas, altas tasas de producción primaria y altas cosechas estables de fitoplancton (representadas por la clorofila *a*), zooplancton y micronecton. Los valores de la clorofila *a* de la Expedición Swansong llenan un gran vacío de los datos de la Expedición STEP-I: las concentraciones más altas siguen el paso de

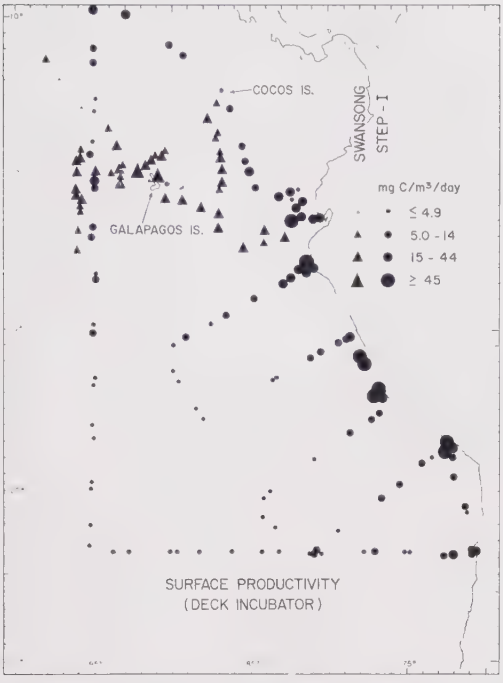

FIGURA 19. Productividad de la superficie en el Pacífico Sudoriental.

la Corriente del Perú conforme ésta se desvanece con dirección oeste hacia las Islas Galápagos. Los altos valores de la clorofila *a* (Swansong), de la producción primaria y del zooplancton (STEP-I) al oeste de las islas indican afloramiento. Knauss ha determinado que el afloramiento ocurre en la subsuperficie de la Corriente de Cromwell que corre hacia el este, a lo largo del ecuador, y vira hacia el noroeste al encontrar el Archipiélago. Las altas concentraciones de clorofila *a* según los datos de la Expedición Swansong coincide, como se esperaba, con el curso de esta corriente.

El fenómeno de "El Niño"

Con el apoyo financiero de esta Comisión, el Profesor J. Bjerknes, del Departamento de Meteorología de la Universidad de California en Los Angeles, ha terminado recientemente un estudio de "El Niño" de 1957-1958 en relación con las anomalías de la temperatura del mar en todo el océano durante estos años; este estudio incluye el análisis de los datos meteorológicos y de la temperatura de la superficie del mar tanto del Pacífico Norte como del Sur y también un estudio de las series históricas de datos de localidades seleccionadas durante el período 1925 a 1959. Se espera que la publicación de esta investigación se complete en 1962.

Esta investigación proporciona una mejor penetración sobre el conocimiento de los efectos de las variaciones meteorológicas en el régimen de la temperatura del mar, no solamente frente al norte de Sudamérica sino también en el resto del Pacífico Oriental. Los descubrimientos más importantes del estudio del Profesor Bjerknes son los siguientes:

Las grandes invasiones de aguas cálidas hacia la costa peruana coinciden siempre (por lo menos desde 1935) con anomalías positivas de la temperatura del mar al norte del ecuador. Parece que la anomalía meteorológica que causa la anomalía positiva de la temperatura en la faja ecuatorial es una debilidad de los vientos alisios en ambos hemisferios.

"El Niño" de 1957-1958 fué causado por un debilitamiento de los vientos alisios de los dos hemisferios de 1955 a 1958. El océano comenzó a calentarse a principios de 1956 en la faja de los vientos alisios del Pacífico Oriental Norte y continuó haciéndolo así conforme se debilitaban los vientos alisios. A principios de 1957 se operó una invasión transecuatorial de aguas cálidas al este de las Galápagos; demasiado tarde, sin embargo, para producir un "El Niño" a escala completa a lo largo de la costa en el mismo verano. En la siguiente estación de verano de 1957-1958, "El Niño" tuvo un temprano comienzo alrededor de la época de Pascua.

Los cambios de temperatura en el Pacífico Norte se pueden tomar principalmente como un efecto de las anomalías en la pérdida de calor hacia la atmósfera causada por las anomalías del viento. Las anomalías del transporte de Ekman también están comprendidas en la región de la Corriente de California y en todas las otras regiones en las que la fuerza del viento es ciclónica en promedio. Tienen que esperarse también cambios de temperatura debidos a los cambios en el movimiento geostrófico del agua, porque las computaciones de Fofonoff demuestran claramente el aumento en el área del giro ciclónico del norte a expensas del giro anticiclónico de 1955 a 1958.

7. Investigaciones sobre la biología, ecología, e historia natural de los peces de carnada

Investigación en el laboratorio principal

Los estudios sobre los peces de carnada en nuestro laboratorio principal durante 1961 fueron considerablemente restringidos después de que se terminaron algunos de los proyectos de que se dió cuenta en nuestro Informe Anual correspondiente a 1960.

Durante 1961 se terminó y publicó en un *Boletín* un estudio sobre la fecundidad de las anchovetas del Golfo de Panamá, en el que se indicaron las relaciones entre la fecundidad y el tamaño. La relación entre la edad y la fecundidad no fué definida en forma precisa, porque hasta ahora no se ha encontrado un método para determinar la edad de los especímenes de anchoveta. Sin embargo, se notó que, como la mayoría de las anchovetas hembras del Golfo de Panamá miden generalmente de 120 a 135 mm. de longitud en la época de desove, parece que cada hembra contribuye con aproximadamente 20,000 a 35,000 huevos durante la estación de desove.

También se terminó durante el año el análisis para la clasificación del arenque de hebra por especies, a que se hizo referencia en el Informe Anual correspondiente a 1960. Se incluyeron las colecciones del Atlántico y del Pacífico para poder hacer una revisión completa del género *Opisthonema*.

Se descubrió que hay cuatro especies de arenques de hebra en el Pacífico (*O. libertate, O. medirastre, O. bulleri* y *O. berlangai*) en lugar de las tres anotadas en nuestro Informe Anual de 1960. La última especie mencionada está confinada a las vecindades de las Islas Galápagos, mientras que las otras tres son especies continentales del Pacífico que se presentan juntas desde el Perú hasta México.

Durante el año pasado se continuaron los estudios sobre la *Anchoa naso*, un pez de carnada de alguna importancia para la pesquería local de atún frente a Manta, Ecuador; estos estudios se basaron en muestras enviadas a nuestro laboratorio principal y han elucidado ciertos aspectos de la historia natural de esta especie.

Un análisis adicional de las gónadas reveló que esta especie desova durante todo el año, con una disminución aparente en el desove, que de ningún modo es una cesación, durante los meses de invierno (hemisferio sur) de mayo a julio.

Las investigaciones sobre el tamaño en la madurez indican que no hay hembras de menos de 45 mm. de longitud estándar en proceso de maduración. Cuando miden 56 mm., alrededor del 50 por ciento de las hembras están madurando, y al alcanzar unos 65 mm. todas las hembras son miembros del stock que desova.

Las estimaciones preliminares de la fecundidad de esta especie fueron hechas basándose en doce especímenes cuyos tamaños oscilaban entre 50 y 83 mm. Como la relación entre la fecundidad y la longitud de los peces parecía ser lineal para estos doce especímenes, se ajustó a los datos una línea de regresión del número de ovas en el tamaño modal más avanzado sobre la longitud de los peces. El coeficiente de correlación (r) fué 0.719 y el error estándar de la estimación fué de 600 huevos. Un pez de 50 mm. desova aproximadamente 1,300 huevos, uno de 60 mm. 1,900 huevos, y un pez de 70 mm. desova 2,500 huevos.

El análisis de la proporción de los sexos de los especímenes de 41 muestras tomadas durante un período de 12 meses consecutivos indicó lo siguiente: 1) No parece haber un patrón estacional en las proporciones de los sexos dentro de cada cardumen; 2) Uno y otro sexo predomina generalmente en un cardumen dado; 3) La proporción general de los sexos no es 1:1, sino que más bien hay más hembras que machos. Al agrupar los 853 especímenes de las 41 muestras dentro de categorías de tamaños de 5 mm., y al graficar la proporción de machos sobre las hembras en cada categoría, se determinó que las hembras predominan en los grupos de tamaños más grandes y los machos en los de tamaños menores.

Investigaciones en el Golfo de Nicoya

Las investigaciones sobre las diversas líneas de trabajo en los últimos años se continuaron hasta septiembre. Se hicieron observaciones y recolecciones adicionales para apreciar los efectos del experimento de transplante que se realizó en 1953 para restablecer la población de anchovetas, y se continuó la recolección de ciertos datos hidrográficos.

La búsqueda sistemática de anchovetas durante el año 1961 reveló, como en años anteriores desde 1954, que no ha habido un aumento notable en la pequeña población aparentemente establecida por medio del experimento de transplante.

Durante 1961, el personal del laboratorio de Puntarenas hizo observaciones hidrográficas adicionales para obtener datos que permitieran el estudio de la distribución transversal de la temperatura y de la salinidad en el Golfo de Nicoya. Esperamos analizar estos datos durante el año venidero.

Como se informó anteriormente, se descubrió que hay cuatro especies de arenques de hebra (*Opisthonema*) en el Pacífico y no solamente la especie *O. libertate*. Un examen preliminar de nuestras colecciones de peces indicó la presencia de por lo menos dos especies de este género en el Golfo de Nicoya. En consecuencia, a mediados de 1961 se comenzó la tarea de separar las especies presentes en nuestras colecciones de Puntarenas. De los 70 especímenes examinados hasta ahora, alrededor del 60% son *O. libertate* y un 40% son *O. medirastre*.

Como ya tenemos todos los datos hidrográficos que podemos usar en forma conveniente, y la mayor parte de las otras fases de nuestros estudios locales en el Golfo de Nicoya han sido completadas, en octubre pasado dispusimos de nuestra lancha de investigación y el personal del laboratorio regional quedó reducido a un científico.

Investigaciones en el Golfo de Panamá

Las investigaciones en el laboratorio de Panamá durante 1961 continuaron dirigidas enteramente a los estudios de la anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*). La actividad principal consistió en otro experimento de marcación a gran escala, en el que nuevamente se emplearon las marcas internas de metal que tuvieron tanto éxito el año anterior. Se logró también un considerable progreso en el estudio de los hábitos alimenticios de la anchoveta, y se comenzó un análisis completo de la frecuencia de las longitudes de las anchovetas capturadas por la pesquería en el Golfo de Panamá para la fabricación de harina de pescado.

En 1961 se marcó un total de 113,202 anchovetas. La marcación se comenzó en mayo y continuó hasta mediados de agosto. Los totales por áreas, y las cifras comparativas de 1960 son:

	1960	1961
Bahía Parita	0	9,399
Isla Verde	15,370	61,272
Panamá Viejo	11,721	9,073
Río Pacora	2,192	3,350
Isla Chepillo	10,882	5,534
Punta Mangle	6,629	9,086
Isla Maje	0	8,847
Bahía San Miguel	6,586	6,641
Total	53,380	113,202

El programa de 1961 fué completamente satisfactorio desde el punto de vista de la marcación de un número adecuado de peces en todas las prin-

cipales áreas del Golfo. Los peces fueron marcados durante seis diferentes semanas en mayo, junio, julio y agosto en el área de la Isla Verde, mientras que la marcación se efectuó sólo una vez en la mayoría de las otras áreas.

. Los recobros de las marcas de los peces liberados durante 1960 y 1961 se muestran en la tabla que damos a continuación. Las "estaciones" fueron separadas por una interrupción de 7 semanas en la pesca, durante la cual un nuevo grupo de edad alcanzó el tamaño para la captura. Sin considerar las seis excepciones indicadas en la Tabla, todas las marcas fueron recobradas en el área de la Isla Verde, en donde se efectuó casi toda la pesca.

Marcas de 1960

Area de marcación	Recobros de la estación de 1960 (hasta el 8 de mayo de 1961)	Recobros de la estación de 1961 (26 de abril-31 de diciembre de 1961)
Isla Verde	737	189
Panamá Viejo	6 (5 en Panamá Viejo)	30 (1 en Panamá Viejo)
Isla Chepillo	1	8
Punta Mangle	0	7
Bahía San Miguel	1	7
Total	745	241

Marcas de 1961

Area de marcación	Recobros de la estación de 1961 (26 de abril - 31 de diciembre de 1961)
Isla Verde	329
Panamá Viejo	3
Punta Mangle	1
Isla Maje	1
Bahía Parita	21
Total	355

De los peces marcados en 1960, sólo unos pocos de los marcados en otras áreas fueron recobrados en la Isla Verde durante la estación de marcación. En la estación de 1961, la mezcla había aumentado en forma considerable, pero probablemente no era completa. Es posible que la mezcla se efectuara durante la época de desove que ocurre generalmente en noviembre y diciembre. Como después del 31 de octubre los desembarques de anchovetas durante la estación de 1960 fueron muy pequeños, no hubo mucha oportunidad de recobrar marcas durante este período.

No se sabe nada sobre las migraciones de los peces de la Isla Verde a otras áreas, porque solamente se han hecho muy pocos desembarques de peces de las otras áreas.

La última marca de 1960 fué recobrada el 13 de diciembre de 1961, de manera que el pez que llevaba esta marca probablemente tenía aproximadamente dos años de edad cuando fué capturado. No ha sido posible demostrar, por medio del estudio de las escamas o de los análisis de la frecuencia de las longitudes, si las anchovetas sobreviven a su tercer año de vida, pero los recobros, o la falta de recobros, de las marcas de 1960 en 1962 deben contestar esta pregunta.

Los recobros de las marcas de 1961 han sido mucho más bajos de lo que se esperaba de los resultados de la marcación de 1960. Esto podría atribuirse a la presencia de una población mucho más grande en 1961; sin embargo, ésta puede no ser la razón principal porque las marcas de 1960 continuaron recobrándose en cantidades regulares en 1961. En el área de la Isla Verde se marcaron cuatro veces más peces en 1961 que en 1960, y sin embargo el número de recobros de las marcas de 1961 fué menos que el doble del número de las marcas de 1960 recobradas durante la estación de 1961. Cuando se considera que el número de peces marcados en 1960 debe de haber quedado enormemente reducido por la mortalidad natural y por la pesca después de la marcación, la baja tasa de recobros de las marcas de 1961 puede ser ampliamente apreciada. La más aceptable explicación de ésto es la alta mortalidad debida a la marcación, a pesar de que el desprendimiento de marcas anormalmente intenso podría ser aceptado como la causa. Las únicas diferencias en el tratamiento de los peces en los dos años fueron que en 1960 los peces fueron tratados con antibióticos, mientras que en 1961 generalmente no lo fueron, y en 1961 los anestésicos fueron usualmente empleados con una solución de tris(hydroxymethyl)-aminomethane ("buffer") y neutralizados con ácido cítrico. Sin embargo, no se cree que la falta de antibióticos o de la presencia del "buffer" sean la causa del bajo recobro de las marcas de 1961, porque algunos de los peces marcados en este año fueron tratados con antibióticos y algunos anestesiados en agua sin "buffer" y no obstante los recobros de las marcas de estos grupos no fueron más altos que los de los otros.

Es obvio que los peces de Bahía Parita pasan mucho más libremente hacia la Isla Verde que los peces de otras áreas. Esto no es sorprendente, ya que las anchovetas a menudo parece que están enteramente ausentes de aquella área, y sería lo más lógico suponer que han emigrado hacia la Isla Verde en esas épocas.

La pesca de anchovetas en el Golfo de Panamá para su reducción a harina de pescado aumentó considerablemente durante 1961 comparada con la del año anterior, pero no llegó a igualar el "record" de producción de 1959. Las mejoras en una de las plantas de reducción, más algunos aumentos en la flota, fueron principalmente responsables del aumento sobre 1960. Si las anchovetas son tan abundantes en 1962 como lo fueron en 1961, puede anticiparse que la continuación de las mejoras en las plantas y el posible aumento de la flota darán como resultado una pesca aproximadamente igual a las de 1959, el año "record".

La pesca de arenques de hebra, hecha casi toda en octubre y noviembre, fué más o menos la misma que en años anteriores. Esta especie contribuyó con un 20 por ciento de la pesca para la fabricación de harina de pescado en 1961.

Con la excepción de unos pocos desembarques de anchovetas procedentes de Panamá Viejo a principios del año, la captura total de anchovetas y arenques de hebra durante 1961 fué hecha entre Punta Chame y la Ensenada Vique.

En el curso de las operaciones de marcación y de las visitas a las plantas de harina de pescado, se notó que las anchovetas capturadas en 1961 parecían ser mucho más grandes que de costumbre. En consecuencia, se comenzó un programa de muestreo de la frecuencia de las longitudes en el que se emplearon ejemplares capturados tanto con atarrayas como con redes de cerco. Durante el período de junio a diciembre se midió un total de 10,161 peces de 63 muestras. El grupo modal principal en el período en cuestión ocurrió aproximadamente a los 140 mm., con un modo secundario, que disminuyó en importancia cerca de fin de año, a alrededor de los 160 mm. De conformidad con los resultados de los estudios sobre la frecuencia de tamaños realizados en años anteriores, los peces de alrededor de 140 mm. deben tener 1+ años de edad, y los de 160 mm. probablemente 2+ años de edad. Los peces de 0+ deben tener en su mayoría aproximadamente 110 a 135 mm. de largo en estos meses, de acuerdo a los estudios previos, pero sólo un pequeño porcentaje de los peces capturados en 1961 eran tan pequeños. Resultados anteriores han indicado que más del 90 por ciento de la población está compuesta de peces de 0+, por lo que parecía probable que los peces de 140 mm. fueran sólo de 0 + años de edad pero que habían alcanzado un tamaño mucho más grande que el usual. Hacia fines del año fué aparente que esta hipótesis era correcta, porque conforme el tamaño modal de aproximadamente 160 mm. disminuía en importancia, la porción de los recobros de las marcas de 1960 también disminuia. Al mismo tiempo persistía el tamaño modal de aproximadamente 140 mm., y el recobro de marcas de 1961 continuó más o menos en la misma proporción.

Las investigaciones sobre los hábitos alimenticios de la anchoveta continuaron en una escala limitada conforme el tiempo lo permitía. Se ha completado la enumeración de los organismos encontrados en los estómagos de los peces adultos (que se alimentan cerca del fondo), los cuales ingieren principalmente el fango del fondo y residuos, así como los organismos que se encuentran en el lodo, diatomeas en su mayoría. *Melosira sulcata, Coscinodiscus* spp. y *Thalassionema nitzschioides,* todas diatomeas, son las especies más numerosas en los estómagos. *Melosira* es una diatomea del fondo, mientras que *Coscinodiscus* y *Thalassionema* son formas pelágicas que probablemente se asientan en el fondo antes de ser consumidas. Se observó que *Coscinodiscus* estaba en todos los estómagos en cantidades relativamente constantes, mientras que *Melosira* y *Thalassionema* fluctuaban mucho en su abundancia y a veces estaban ausentes del todo. *Melosira* predominó en las áreas al este de la entrada del Canal de Panamá, particularmente de Panamá Viejo a Río Pacora; sin embargo, al oeste de la entrada del Canal esta diatomea constituyó sólo un renglón mínimo de la dieta, siendo reemplazada por formas pelágicas. Otros constituyentes importantes del alimento de la anchoveta son las diatomeas *Sceletonema costatum, Actinoptychus undulatus* y *Nitzschia* spp.

No se ha completado todavía la enumeración de los organismos encontrados en los estómagos de las anchovetas juveniles (que se alimentan en

las aguas de la superficie). Sin embargo se ha observado que pequeños crustáceos y diatomeas pelágicas son los más importantes renglones de su alimentación. Aún tomando en cuenta los tamaños más pequeños de estos peces juveniles, la cantidad de alimento encontrada en sus estómagos es mucho menor que la encontrada en los estómagos de los peces adultos.

Investigaciones en el Ecuador

En julio de 1961 se inició el muestreo rutinario de los peces clupeidos y engráulidos del Golfo de Guayaquil. Las colecciones están basadas en las muestras mensuales conseguidas por los barcos de arrastre camaroneros que trabajan frente a Playas y a Puerto Bolívar, así como en las obtenidas por medio de las recolecciones con redes de playa en Posorja, Laguna Data y ocasionalmente en Santa Elena. Estas servirán como material básico para un estudio taxonómico de las poblaciones locales de clupeidos y engráulidos. Además del estudio taxonómico general, se está dedicando algo del esfuerzo para obtener información sobre la historia natural y ecología de la anchoveta y de los clupeidos comercialmente importantes (i.e., el arenque de hebra) en el Golfo de Guayaquil y frente a la costa ecuatoriana.

Se ha dedicado un tiempo limitado para la expansión de los métodos de muestreo de peces, i.e. arrastres experimentales usando redes de diferente tamaño de malla, atarrayas y trasmallos. Además, en diciembre se comenzaron a hacer arrastres para la obtención de zooplancton; por este medio se espera recolectar diversos peces en estados larvales.

Comenzando en diciembre de 1961, los pescadores locales que usan atarrayas y los dedicados a la pesca de atún en Manta suplementarán estas recolecciones de peces con muestras de las áreas de mar afuera frente a Puerto López y a Manta.

Durante 1962 se hará un viaje para recolectar muestras de clupeidos de las playas de la Isla Puna y de la parte sudoeste del Golfo; se intentará seguir un programa de recolección periódica en Esmeraldas, el que estará basado en las abundantes capturas de la pesquería local de camarón.

Hasta la fecha se han identificado 9 especies de anchoas y 5 especies de arenques, según la lista que se da a continuación:

ENGRAULIDIDAE	*CLUPEIDAE*
Anchoa curta	*Ilisha fürthi*
Anchoa ischana	*Neopisthopterus tropicus*
Anchoa lucida	*Opisthonema libertate* (?)
Anchoa naso	*Opisthopterus dovi*
Anchoa panamensis	*Opisthopterus equatorialis*
Anchoa spinifer	*Lile stolifera*
Anchoa starksi	
Anchovia macrolepidota	
Cetengraulis mysticetus	

De esta lista de especies, *Anchoa curta, Anchoa ischana, Anchoa lucida, Anchoa panamensis, Anchoa spinifer y Anchovia macrolepidota* han

sido examinadas más detenidamente para determinar la amplitud de los caracteres numéricos y para comparar estos caracteres con los resultados anteriores de otras áreas del Océano Pacífico Oriental Tropical. En todas las muestras examinadas, los cómputos se encontraban dentro de las amplitudes descritas por Peterson y por Hildebrand. No se hallaron nuevas especies ni se notaron distintivas diferencias morfológicas o numéricas entre los clupeidos de Guayaquil y los descritos por Peterson o por Hildebrand.

Se han hecho mediciones de la frecuencia de las longitudes de la anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*), y los datos resultantes han sido graficados para los meses de julio, octubre y diciembre. La amplitud de tamaños para estos meses varió entre 120 mm. y 160 mm., con una variación en el tamaño modal de 144 mm. a 150 mm. Todavía no se dispone de datos suficientes ni siquiera para especular sobre el número de grupos de edades y las tasas de crecimiento. Como todas las muestras de anchovetas obtenidas durante 1961 han procedido de arrastres para pescas de camarones, los datos no eliminan el efecto del arrastre (el tamaño de la malla que permita el escape de los especímenes pequeños), ni demuestran áreas limitadas de pesca (las áreas pescadas pueden tener o no una población completa de clupeidos). Se ha planeado una extensión de los métodos de muestreo (i.e., arrastres experimentales con mallas de diferentes tamaños) que ayudará a determinar la magnitud de estos dos factores.

SCIENTIFIC STAFF

1961

Milner B. Schaefer	Director of Investigations
Gordon C. Broadhead	Senior Scientist
Clifford L. Peterson	Senior Scientist
Franklin G. Alverson	Senior Scientist
Edward B. Bennett	Senior Scientist
Malvern Gilmartin	Senior Scientist
Izadore Barrett	Scientist
Craig J. Orange	Scientist
Witold L. Klawe	Scientist
William H. Bayliff	Scientist
Edwin B. Davidoff	Scientist
James Joseph	Scientist
Antonio Landa	Scientist
Paul N. Sund	Scientist
Eric D. Forsbergh	Scientist
Edward F. Klima	Scientist (to 20 October)
John E. Kinnear	Scientist (to 28 July)
Thomas P. Calkins	Scientist
Bernard D. Fink	Scientist
Hernán Sobrado H.	Junior Scientist
Madison L. Myers	Junior Scientist
Roger K. Kearns	Junior Scientist
Kenneth R. Feng	Junior Scientist (from 1 August)